VTI rapport 787
Utgivningsår 2013

www.vti.se/publikationer

Transportforum 2013
Granskade artiklar

vti
FINDING A BETTER WAY

Förord

Vid Transportforum 2013 gavs deltagarna chansen att lämna in ett manuskript för vetenskaplig kvalitetsgranskning. De inkomna bidragen granskades av ledamöter i respektive ämneskommitté. Av de drygt 40 intresseanmälningarna var det nio stycken som fullföljde processen fram till publicering som sker i föreliggande rapport (VTI rapport 787 ”Transportforum 2013 – granskade artiklar”).

Granskningen genomfördes genom att de utsedda granskarna fyllde i ett formulär där artikelns originalitet, struktur, innehåll och nytta samt möjlighet till implementering av resultaten bedömdes. Detta kompletterades med generella synpunkter och detaljkommentarer från granskarna till hjälp för artikelförfattaren som efter att granskningsprotokollen anonymiserats fick ta del av dessa och då avgöra om de ville gå vidare med publiceringen.

Transportforums breda ämnesområde, som sträcker över många discipliner, gör att rapporten innehåller artiklar av olika karaktär och inriktningar.

Författarna ansvarar själva för sina artiklar och granskarnas protokoll ska ses som kvalitetshöjande stöd inför publiceringen. Sammanställningen är utförd av Göran Blomqvist, VTI.

Linköping, april 2013

Göran Blomqvist

Innehållsförteckning

Ämneskommitté 1: Transportpolitik och ekonomi

- Torbjörn Stenbeck, Riksrevisionen: Comparing productivity means to measure design-build pay-off. *(sid. 7),*
- Björn Hasselgren, KTH: Pricing principles, efficiency concepts and incetive models in Swedish transport infrastructure policy. *(sid. 22),*
- Kjell Jansson, Trafikanalys: Samhällsekonomiskt effektiva banavgifter för allokering av knapp spårkapacitet. *(sid. 36),*
- Kjell Jansson, Trafikanalys: Steg 2, åtgärder för ökad bankapacitet. *(sid. 50)*
- Karin Svensson Smith, Lunds kommun: Vilka styrmedel är lämpliga för att nå en fossilbränslefri transportsektor? *(sid. 67),*

Ämneskommitté 5: Trafiksäkerhet

- Joakim Bengtsson, SWECO: Effekter av två olika FIFÖ-system på huvudgata I mindre ort. *(sid. 81),*

Ämneskommitté 6: Miljöanpassade transporter och framtidens fordon samt drivmedel

- Martin Almgren, SL: Kravställning och uppföljning av ljud och vibrationskrav vid fordonsupphandling. *(sid 98),*

Ämneskommitté 7: Gods och logistik

- Maria Öberg, LTU: How to create a transport corridor management – a literature review. *(sid. 108),*

Ämneskommitté 8: Väg och banteknik

- Rickard Nilsson, SL: Utredning och provning av kostnadseffektiva metoder för bullerminimering av spårfordon. *(sid. 122).*

COMPARING PRODUCTIVITY MEANS TO MEASURE DESIGN-BUILD PAY-OFF

Torbjörn Stenbeck
Riksrevisionen
114 90 Stockholm
E-mail: torbjorn.stenbeck@riksrevisionen.se

ABSTRACT

The effect of design-build and other procurement decisions and strategies related to owner and contractor working more together has long been a topic of discussion. The cost and quality effects have however often been concluded in qualitative terms based on participants' general feelings rather than by objective measurements.

Most economics and evaluation literature define productivity as output/input. The first purpose in the current study was to develop methods to calculate construction productivity. The second purpose was to use one of them to compare the mean productivity of all design-build (DB) projects with design-bid-build (DBB) projects. When an extensive literature scan for prevailing definitions, methods and values delivered nothing useful, an own method to calculate productivity was developed and used. First overall annual productivity change was calculated, then the mean difference between DB and DBB, controlling for up to 20 variables. Input, the productivity denominator, was an infrastructure project's total cost until completed. Output, the productivity numerator, was a weighed aggregation of its road length, railway length and a number of other cost-driving variables.

A couple of methods to calculate productivity were prestudied by using annual report data, but none delivered a trustful result. We therefore asked for more precise data directly from the agency. Over 80 project managers were engaged to deliver us road and railway lengths, and about 20 other data variables, in their projects. The variable values were multiplied by expert-determined weights and added into a model cost representing the output. This output was divided by the real cost representing the input. Output/input = the project's productivity. The means of all projects opened each year constituted a time series and the average annual change was calculated. The nominal annual decline turned out to be about −5 %. Corrected for general inflation, it was about −3 % and corrected with the higher road-works-index it was about −1 %.

A similar dataset, but with procurement variables added, was used in a second analysis completely based on regression analysis. The variable DB was 1 if the contract was design-build and else 0. The average DB effect in Swedish kronor would be represented by the DB-coefficient achieved in the regression, which was 25 mkr in this case. The coefficient will instead be expressed as a percentage of the contract, if the left side (y) of the equation, the real cost in this case, is logarithmated before the regression. The result in percent was that design-build was 18 % more expensive, with p-value 0.13.

The DB/DBB study suggests that the agency should start looking for other factors in the projects than changing them to design-build if they want to achieve higher productivity. The presented methods are possible to use also to analyse other procurement variables' effects on productivity. There is today a lack of knowledge in this field and considerable costs possible to gain.

1 INTRODUCTION

The effect of design-build and other procurement decisions and strategies related to owner and contractor working more together has long been a topic of discussion. A problem is that projects are different and therefore difficult to evaluate and compare. The cost and quality effects have been concluded in qualitative terms based on participants' general feelings rather than by objective measurements. There is a lack of systematic benchmarking between the objective results used from different project delivery methods. Many comparisons have been of a subjective nature and not based upon quantitative measures (Pakkala, 2011).

In 2008, the Swedish Parliament decided on a new instruction for its transportation agencies to report productivity. In the current study, we used 'productivity' as the starting point for creating a scale for project evaluation. Based on general economics and evaluation literature productivity can be defined as output/input. Unit price, *U*, is then the inverse of productivity, *P=1/U*. (Vedung, 2009, Sandahl 1991, Ekonomistyrningsverket 2009).

Following vagueness and confusion on the issue in the literature, it was necessary, or at least purposeful, for us to add some precision to notions and vocabulary. We do not treat productivity as an uncountable noun (as suggested by the spelling assistance tools of the word processor), but remain open for calculating several productivit*ies* and compare them with each other. In line with this, we distinguished *P* from *ΔP*. *P* are fractions of absolute values and *ΔP* are differences between productivities. *ΔP* can be calculated in absolute terms by subtraction or in relative terms by division. A special case of the relative case is *productivity change* (productivity development), where the compared productivities are measurements of the same phenomena at different points in *time*.

1.1 Purpose

A first purpose was to find or develop at least one method to quantify project output in order to enable comparison of different transportation projects. A second purpose was to use the methods to calculate the real annual advance or decline in productivity in construction of highways and railways in Sweden until 2009. The third and final purpose was to quantify the economic benefit (the difference in productivity) of design-build (DB) versus design-bid-build (DBB) until 2012.

1.2 Delimitations

As simple as possible modelling was an aim, to facilitate understanding and implementation.

2 Methodology

The research process was roughly designed as follows.

1. Productivity definitions, calculation methods and calculated productivity values for highways and railways were searched in scientific databases, by general search on the internet and by asking expert researchers and the agencies for lists and examples of relevant research.
2. Productivity-relevant data were searched in the annual reports of the Swedish transportation agencies and within the agencies. Some principal models and methods were developed to calculate productivity with the annual report data.

3. The methods were used with more detailed data, specifically demanded from and delivered by the transportation agency.
4. The annual productivity was calculated as the average achieved productivity in the construction projects that were opened each year.
5. The effect of design-build was calculated by comparing average achieved productivity in DB projects with the average of DBB projects.

Regression analysis and expert judgments were used to select the most important variables for the productivity calculations.

3 Definitions

Although simplicity was desired and considered sufficient, we strived for models that can gradually be made more complicated depending on purpose, audience and availability of data.

We selected 'total final cost' as the project's *input* (the productivity denominator) and allowed the agency to interpret this general description as best as it could. The most important was that the cost definition was applied in a similar manner on all projects. To avoid additional work for the agency, but also avoid manipulation and subjectivism, no indexation of the costs should take place and only completed projects' actual costs were included in the study.

More problematic was to define the project's output (the productivity numerator). The output values in different projects should be comparable and compatible to maximize the possibilities to generalize the derived knowledge. Ideally, the quantification of the projects' output should fairly reflect the project challenge, including both labour, materials, machinery and engineering effort.

4 Literature on methods and values

We found over 50 studies on project delivery systems, but few had actually measured and compared transportation projects' output/input in quantitative measures enabling comparison. The following represent the nearest found.

4.1 Case studies

Some research has touched the issue of pay-off, but with too few cases to draw conclusions. Langford et al (2003) compared 11 cases in which the only DB case was more expensive per km than the average of the design-bid-build cases. Stenbeck (2007) studied two pairs of cases, where a DB alternative could be compared with a DBB alternative. In the first pair, the DB was more expensive at opening date. The study did not follow the project after that. In the second pair, the DB was 15 % less expensive until the opening date. This was thanks to less complicated ground reinforcement proposed and guaranteed by the contractor. But seven years later the road had sunk several dm at the worst spot. The agency still found that the project had been successful, since the cost of adding material and pavement to compensate for the settlement would cost less than the initial saving. The number of cases (one in Langford's study and two in Stenbeck's study) are however too small for general conclusions regarding DB/DBB pay-off in the short and long run.

4.2 Quantitative studies – buildings

Sanvido and Konchar (1998) have published several quantitative studies with a good number of cases (50+). Their results showed about 30 % later delivery, 6 % higher costs and quality regarded as equal with DBB than DB. Odhigu et al (2012) also found that

DBB had taken longer than DB, but that DBB had benefitted cost and quality. Both Sanvido and Konchar and Odhigu et al studies appear to mainly have concerned buildings. The DB time saving is explained by the overlap between the design and building phases.

4.3 Quantitative studies – transportation

If requiring at least 10+ cases to regard it as a quantitative study, no results of quantitative studies where DB and DBB of explicit *transportation* projects were compared were found in the literature. Nor did we find any methods or scale for such a comparison. Our first step was therefore to find or develop a scale and a method to calculate productivity and productivity development in transportation. Two methods, plus some variants of them, will be described below. We will later use a variant of the second one to compare DB and DBB.

5 Methods to calculate productivity

We do not exclude that the reason why our first method, "*Method 1"*, has not been described and explicitly used before might simply be that it is too obvious and straight forward, at least afterwards. Table 1 below are real data collected from the 2004 and 2009 annual reports of the Swedish road administration (SRA).

Table 1: Costs, km and unit prices for roads opened to traffic 2000–2009

		Motorway	Separate lanes	Oncoming traffic	Pedestrian/ cycle paths
Total million kr	2000	5050	2127	470	31
	2001	0	1394	316	59
	2002	0	765	227	136
	2003	800	995	695	161
	2004	11678	881	628	84
	2005	1315	3556	712	82
	2006	5576	847	558	126
	2007	6576	1282	1040	79
	2008	8240	1527	217	39
	2009	802	811	587	114
Unit price kr/m	2000	73	31	11	3
	2001	0	6	7	2
	2002	0	3	12	2
	2003	50	4	9	3
	2004	152	6	17	1
	2005	124	15	9	1
	2006	200	4	11	1
	2007	66	5	15	1
	2008	119	7	15	1
	2009	40	5	6	1

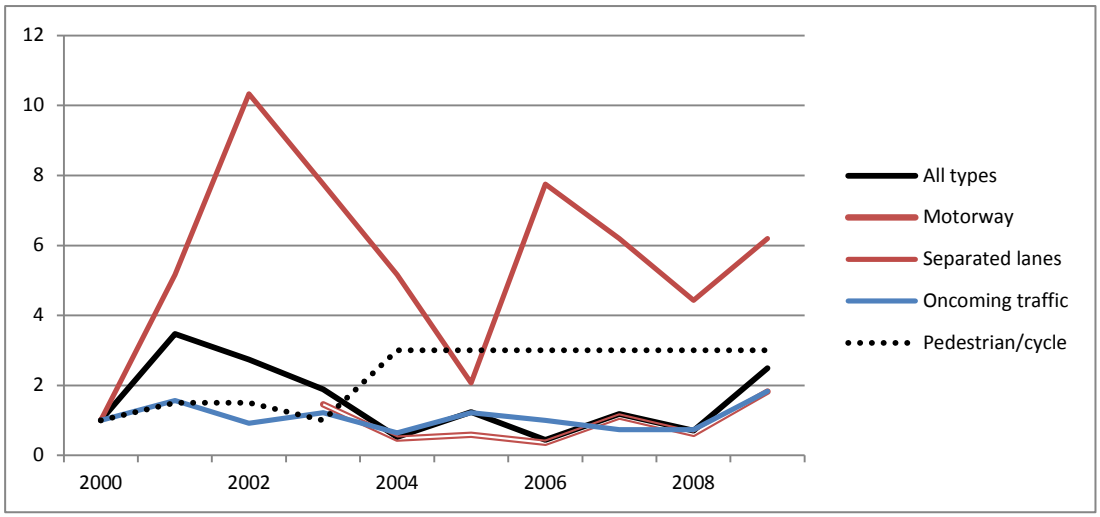
Sources: SRA annual report 2009, p. 52 fig. 58 and annual report 2004, p. 39 fig 52. Nominal costs.

Method 1: With unchanged definitions over the years, the agency's total construction productivity development (ΔP) a certain year y was calculated as follows.

$$\Delta P_y = \frac{1}{\Delta U_y} = 1/\left(\frac{\left(\frac{c_{a,y}u_{a,y} + c_{b,y}u_{b,y} + c_{c,y}u_{c,y} + c_{d,y}u_{d,y}}{c_{a,y} + c_{b,y} + c_{c,y} + c_{d,y}}\right)}{\left(\frac{c_{a,y-1}u_{a,y-1} + c_{b,y-1}u_{b,y-1} + c_{c,y-1}u_{c,y-1} + c_{d,y-1}u_{d,y-1}}{c_{a,y-1} + c_{b,y-1} + c_{c,y-1} + c_{d,y-1}}\right)}\right) \quad (1)$$

where u=unit price, c=cost, $y-1$=the year before and a, b, c and d are the categories. Capital letters are used for the totals and minuscules for subdivisions of the total.

The formula is not as complicated as it may appear. In words, what the formula does is to multiply each category's unit price with its share of the total annual expenditure. Then these products are added and divided with the total annual expenditure and then divided again with the previous year's corresponding value. Finally, the total unit price (cost/km, i.e. input/output) is inversed into productivity (output/input). After the inversion to output/input a downwards sloping curve in a line diagram will correspond to a negative productivity development (from the taxpayer's point of view). In Figure 1, the black line is a weighed mean of the four categories' productivity developments: P_{2000-} P_{2009} in formula 1 above.



Source: The Swedish Road Administration's annual report 2009, p. 52 fig. 58 and 2004 p. 39 fig. 52. Nominal costs have been used.

Figure 1: Road construction productivity. Index year 2000 = 1

The unrealistically high productivities single years, like 2002 and 2006 for the separated lane category, indicate errors or heterogeneity in the underlying data. Also, major, so called "unique", projects would be difficult to categorize and productivity-calculate with Method 1.

5.1 Method 2

We found some other, as interesting, productivity-related data in the annual reports. Table 2 displays the major projects with a total cost >100 Mkr that opened for traffic 2009, and the corresponding information could be found every year in the annual reports at least back to 2000. The first and simplest productivity approximation is achieved by dividing the produced length in kilometres (km) with the cost (kr) in each project (km/kr). This can be done per project as well as for all the listed projects. If we add all lengths first, then all costs and then divide total length with total cost, the

projects have automatically been weighed by their sizes in the total productivity value (km/kr) for the year 2009. Cost can be seen as the dependent variable (y) depending on length (x_1).

Table 2: Costs and km of major projects >100 Mkr opened to traffic 2009

	Length, km	Cost, mkr
Motorway		
E20 Lundsbrunn–Holmestad	12.9	420
NH49 Skara–Axvall	7.0	234
Separated roads		
NH68 W/X länsgräns–Wallbyheden	14.4	170
Bearing capacity improvement		
Cr 322 Staa–Riksgränsen	48.0	110
Cr 293 Ängsgårdarna–Falun	13.0	100

Source: Swedish Road Administration annual report 2009, p. 51, fig. 56.

Remaining information in Table 2 can also be used. It can be added as further independent variables (x_2 to x_n). We defined *Motorway(mw), Separate carriageways (sep) and Bearing capacity measure (bear)* as dummy, 0–1, variables, and then Table 3 below can be used for regression analysis.

Table 3: The information of Table 2 quantified for regression analysis

Y	***x*₁**		***x*₂–*x*₄**		***x*₅**
mkr	*Km*	*mw*	*sep*	*bear*	*Year*
420	12.9	1	0	0	2009
234	7.0	1	0	0	2009
170	14.4	0	1	0	2009
110	48.0	0	0	1	2009
100	13.0	0	0	1	2009

The corresponding information was collected from the annual reports 2000−2008. The total dataset now contained 100 observations. Table 4 presents the result of a linear regression analysis with this dataset.

Table 4: Linear regression 10 years, 5 variables and constant, 100 observations

Dependent Variable: mkr R square 0.236 Adjusted R Square 0.196

	Cofficient	Std.error	Std coeff.	p-value
Constant	−9,980	71,827		0.89
Year	4.9	35	0.014	0.89
Km	19	8	0.231	0.014
Mw	854	227	0.411	0.0001
Sep	51	244	0.023	0.78
Bear	−276	433	−0.062	0.52

Please note that we have also added *year* as a variable. Its positive coefficient indicates a negative productivity development. We have used nominal prices, why some of the negative development can be explained, or excused, by general inflation.
There are some signs of imperfections in the model. One is the large and negative constant. We concluded that a productivity analysis based only on the annual report information would be to imprecise. But the lessons learnt from these prestudies with annual report data were worthwhile, and saved trouble for both us and SRA.

5.2 Method 2 with dataset 3

It was time to end the prestudies and collect a new and good dataset for our main study. We had meetings with SRA representatives to select the best variables to include. They were asked to list and rank probable and potential cost-drivers in projects. Length, width, bridge content, ground conditions and similar properties were listed and ranked in order of expected influence. The list was later expanded and modified with other experts' opinions on cost-drivers. Corresponding data were then collected manually from SRA. More than 80 project managers were asked to deliver about 20 values for their project. The coordination of this data collection was the most difficult part of the study. Each single manager had to be convinced and instructed, so that the variables were interpreted similarly and homogeneous data in the same data format was delivered. For obvious reasons, full control and assurance that all project managers delivered perfectly correct data and interpreted the instructions in the same way and as intended was not possible. Several data were returned for correction after having been checked for quality and reasonability. Minor errors with major effects were for example when data were delivered in km or mm when they should have been in meters. Such obvious mistakes were corrected by us without returning it to the data provider, but if there was any doubt, they were returned or a phone call was made to check. With both road and rail projects, the dataset contained about 80 observations from 2005 to 2009.

Twenty-three experts were asked to deliver their best guesstimate of *the average, national, unit price per cost-driver*. All experts did not respond to all variables. About 20 estimates per variable were received. They differed considerably (up to factor 100), but the average of all still landed more realistically than if determining the weights by regression, which was an alternative. At this stage we considered realistic, non-negative unit prices to be important. We were concerned that negative and otherwise unrealistic unit prices delivered by pure regression might become hard for others than statisticians to accept.

Output = model cost. Input = real cost. The principle for the calculation of the model cost per project is described with only two variables in Table 5. It is then divided by the real cost. Output/input = productivity. By taking into account all the variables, the output value should be much more relevant than if only e.g. road length had been taken into account, which seems to be as far as previous productivity calculation state-of-the-art have reached.

Table 5: Calculation of the model cost (fictitious data, two variables)

Variable name	Variable value	Unit price (mkr)	*Model cost (mkr)*
Real cost (mkr)	100		
Year	2005		
Road length (km)	15	5	*15×5=75*
Bridge area (m^2)	200	0.02	*200×0.02=4*
Total model cost			*79*
Project productivity	*Model cost / real cost = 79/100 = 0.79*		

The project productivities (approximately 80 observations, 10 variables distributed over 5 years, 2005 to 2009) were grouped per year and transport mode. The means per transport mode and year were plotted, Figure 2. The individual projects were not weighed by their size, but in the total Road + Rail in Figure 2, the transport modes (road and rail respectively) were weighed with their share of the budget.

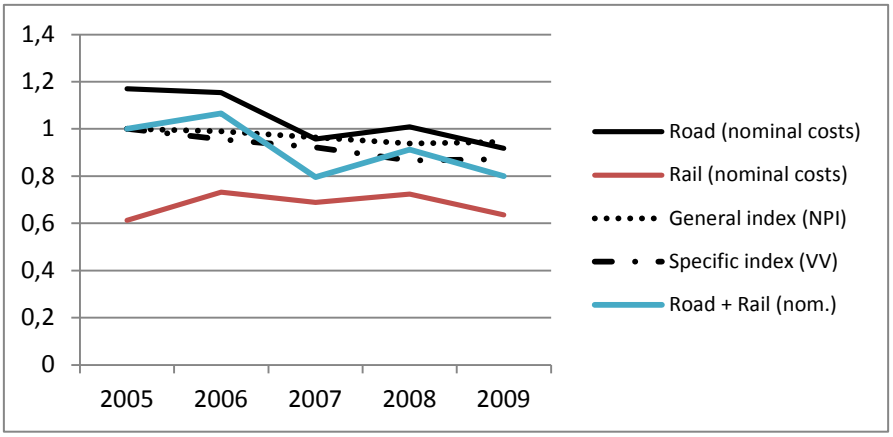


Figure 2. Transparent index-compensation of nominal productivity.

The average annual decline 2005 to 2009 was calculated as the total difference between 2005 and 2009 productivities raised by ¼ (since there are four and not five elapsed years from 2005 to 2009).In Figure 2, the continuous lines describe the declining productivity in nominal terms. The dotted line describe the expected decline due to general inflation (NPI, net production index) and the dashed line the industry-specific inflation related to road works (VV=SRA in Swedish).

Example: The Road + Rail curve drops from 1.00 in 2005 to 0.80 in 2009. The average drop per year during these four years can then be calculated as $0.80^{1/4} - 1 = -5.5$ % per year. The general inflation is presented in the diagram as a drop from 1.00 in 2005 to 0.945 in 2009, which corresponds to −1.4 % per year. The net decline, would then be −5.5 % + 1.4 % = −4.1 %. If instead reducing −5.5 % with the industry-specific index (0.87 in 2009, corresponding to −3.4 % per year), the net decline would be −2.1 %.

An interpretation is as follows. Out of the total decline −5.5 %, general inflation accounts for −1.4 %, industry-specific inflation accounts for −3.4 % and regarding the remaining −2.1 %, there are no excuses left. This part of the decline is attributable to SRA only, and when being aware of it, they should be able to improve or eliminate it by better management. A higher ambition is that SRA is also accountable for the industry-specific −3.4 %. By better management and coordination, since SRA has a considerable

part of the market, it may be possible to reduce the industry-specific inflation towards no more than the general inflation.

Allen (1985) was the only study found in our literature scan, explicitly expressing the productivity in construction to be negative. He, on the other hand, discusses declining productivity in construction as if it was a self-evident fact. Other studies generally avoid the issue by referring to "low" productivity without ever mentioning any precise value.

6 Adding procurement variables

Now, we wanted to try Method 2 to determine how design-build and other *procurement variables* influence productivity. Our intention was to add procurement data to the previous dataset, but we soon discovered that this was not possible, since the observation unit in our previous datasets was 'project'. To analyze procurement variables the unit must be 'contract', since a project can consist of several contracts, and since we only want one value per procurement variable per observation. A new data set was collected, requiring even more organization than the previous one, with approximately 120 construction *contracts* and both performance (productivity) relevant variables (the same as previously) and new, procurement variables. Out of the 120, 106 remained after having been scrutinized for data quality and odd contracts. Example of odd contracts: Railway works were represented in the regression by e.g. tracks' length, catenaries' length and number of points. If a costly contract would not include any reasonable volume of these three variables, e.g. because the contract concerned something else like a building or signal works, such projects would be very poorly described by our selected variables. Also, such projects would have model values, output, near 0, which might cause mathematical problems. Instead of complicated procedures to handle them, such odd contracts were eliminated from the dataset.

DB versus DBB, lumpsum versus unit price and other contract-related procurement variables were examples of the procurement variables. The agency was asked to determine if a contract was design-build or not (DB=1 if yes, DB=0 if no). The agency was also allowed to assign DB a decimal value between 0 and 1, but it never used this option. It did so for the lumpsum variable, however, which was assigned 0.84 in one case.

6.1 Random sampling

In this dataset including procurement variables we were more thorough with the sampling than with the previous dataset. In order to make it representative for all the agency's constructions, we did not restrict us to the major projects (100+ mkr), as previously. Last time, the population was defined by all projects above 100 mkr being listed in the annual report. Below 100 mkr, STA, (SRA had at this time merged into the Swedish Transportation Administration, STA) had no national list of all completed contracts, from which we could draw a sample with controlled randomness. Therefore we had to find another, way, based on trust. The agency's regional organisations were instructed to draw a sample as best as they could from any relevant list in their possession, including doing it from their "collective mind or memory". Of course we realize the risk that "inconvenient" projects will have a tendency to be erased from the "collective memory" to a higher degree. In the future, with lists of all projects, researchers will hopefully be able take the sample themselves, both to reduce work for the agency, and to assure that the random selection is implemented correctly and in the same way all over the country. This will also avoid small regions being overrepresented, which was another problem and a source for bias in the current study.

A pre-study showed that 9 out of 10 contracts were DBBs. Now, our sampling routine should preferably avoid an unnecessary surplus of DBBs in the sample, and this was achieved by the following sampling instruction. Every region should first pick their last three finalized DB projects, road and rail respectively, but no further back than 2005. (It turned out that some regions did not fill their quotas of three for both road and rail.) Next, they were to pick the three DBBs following the oldest DB and the three DBBs prior to the youngest DB. By this procedure, the DBBs are theoretically expected to be distributed symmetrically in time around the DBs, which should eliminate bias related to different distribution in time and related index effects. If following the routine strictly, the routine should equal a randomized procedure.

The poor evaluation maturity, the somewhat complicated sampling procedure arising from this circumstance and the large data gathering effort may explain why so little similar research has taken place before. Thanks to the study being part of an audit by the national audit office, we could force the agencies to deliver the requested data. When we asked for similar data from two other countries' highway agencies, where we could not refer to legal rights, no data was delivered. From this experience we draw the conclusion that the study could not have been done, and may not be repeatable, by ordinary research institutions without legal power to request the data from the agencies.

6.2 Discussion on representativeness

The agency, and also the politicians with power to influence the matter, have asked if the evaluated contracts are really representative for the latest management (STA), and its most recent developments. STA started as a new agency for both road and rail 1 April 2010.

The answer is no. Firstly, a reasonable period, at least until end of 2010, seems appropriate as a transitional period for the new management before making it accountable. Only two projects fulfil the criteria of a complete cycle; having been procured after 31 December 2010 and completed before 31 December 2011. But that does not mean that the study is irrelevant. It still remains the latest and most relevant study possible to do, since the two only cases are too few to generalize. Contract forms are in continuous development. No quantitative evaluations with a reasonable number of observations would ever be possible to make if only the very latest developments is made a requirement.

It can also be argued that it is not fair to judge a decision-maker by the outcome, but only and rather by the information at hand, or possible to request, when the decision was made. If so, STA should be judged only by the projects completed as they took office, since that was the only information they had at that time. Nobody can know the future, but anybody can request supportive evidence based on experience and evaluations of projects in the past.

6.3 Risks for errors and biases

Risks for errors and biases have been analyzed continuously, but as it turned out, all seem to have faded away one after the other.

The most DB-abundant region needed to go back to 2007 to fill their quota of 3. Still no other region delivered any older project than 2007. We interpret this as having achieved the total DB population since 2007 in our sample and that the potential bias by small regions being overrepresented did not emerge.

We noticed a new bias risk, though; when the DBBs were on average only half the size of the DB projects. This could be expected to cause a systematic error favouring DB *if there are economies of scale*. Surprisingly, however, our final result did not

indicate positive economies of scale, on the contrary. The non-significant result was negative economies of scale. This is, if true, knowledge, never uttered by SRA/STA. On the contrary, economies of scale have been taken for granted and frequently used as an argument, e.g. to motivate why large contract packages have been created to attract larger contractors. Hence the size finding of the study is worth its own study to confirm and if confirmed find the reasons for. Large projects have to a greater extent been located near the largest cities. Populated area was a variable in the study, but the additional costs of the very largest cities may not have been covered well enough. Until clarified we find the rational and safest treatment to be to assume nothing regarding scale economies and size bias in this study, but have it in mind as an uncertainty.

6.4 Software cost and implementation

Initially there were more contracts and variables, but unreasonable contracts and irrelevant variables were gradually trimmed away. The data was first transferred into user-friendly statistical software. Once having learnt how and what to do in that environment, we later succeeded to run the same regression analyses with less user-friendly but less expensive, generic calculation sheet software. This may help implementation, since the licenses of some specialized statistical software is high (30 000 USD per license) and may also require special training.

7 Results

With 17 variables plus constant, the correlations between the final cost and each variable turned out as Table 6.

Table 6: Regression analysis with constant, DB and 16 other variables, 106 observations.

Variable	Coefficient	p-value
Constant	14.8	0.185
DB (design-build-dummy)	25.8	0.132
BVM3 (pavement volume)	3.34E-04	0.879
SP (track length)	-6.50E-04	0.740
KTL (catenary length)	3.45E-04	0.436
BrA (bridge area)	2.88E-02	0.000
TuA (tunnel area)	7.07E-03	0.001
JS (earth excavation)	1.60E-04	0.183
BS (rock excavation)	2.15E-04	0.223
TM (supplied material from outside)	-2.30E-04	0.358
Plm (platform length)	7.26E-02	0.391
SGT (track through urban area)	1.85E-02	0.091
VGT (road through urban area)	1.22E-03	0.377
SBT (track subj to traffic)	4.56E-04	0.959
VBT (road subj to traffic)	1.58E-03	0.506
TVL (road length)	3.27E-04	0.914
Vx (railway point)	3.06E+00	0.004
TVM2 (paved area)	1.05E-04	0.837
Adjusted r^2 (all variables)		0.754
p-value (all variables)		<2.2E-16

In our case, we believe that the p-values should not be regarded as too important. Even if the coefficient has a high p-value (i.e. weak dependency), the calculated coefficient is the best approximation available. In our case the aim is not, at least not at this stage, to prove dependency, between each circumstance and cost but just to find the most correct, or least incorrect, total model. An exception would be if there is a cost for collecting the data.

Another exception may be if the coefficient is high or negative. If high or negative, it will probably be counterbalanced by another closely correlated variable with an opposite sign. Such a variable pair makes the model sensitive and a remedy is probably to remove all negative variables. Variables like DB should of course not be represented both by DB and DBB in the regression, if one is always 0 when the other is 1.

7.1 Optimal number of variables

For the data in Table 6 we defined the optimum regarding number and mix of variables to be where adjusted r^2 (Wherry, 1931) has its top. We did this by manual testing of variables since the software's automatic forward/backward methodology delivered a result with less (very few) variables. We think this might be related to the backward/forward elimination criteria being connected to p-value 0.05, which is lower than the p-value corresponding to our increase in adjusted r^2 criteria.

When we include a constant, a problem is that it influences the small contracts' model costs and hence productivities relatively much. If the real cost was 2 mkr, and the constant 20 mkr, the model cost will be of magnitude 22 mkr. 22/2 will lead to a very high and unrealistic productivity. Still, as long as averages of both large and small contracts in the dataset are analyzed together, the constant is probably beneficial to the precision, since the squared deviation between each value and the fitted line should on average be smaller with than without the constant.

7.2 Two-step analysis

To achieve an ocular (graphic) impression of the DB/DBB difference, a two-step method has a merit. In Figure 3, our productivity is the model cost / real cost. The DB and all other procurement variables have been removed, but we have given all DBs one colour and shape and all DBBs another colour and shape. We now expected that DB would tend to "float" above the DBBs, reflecting a generally superior productivity, at least in some contract intervals.

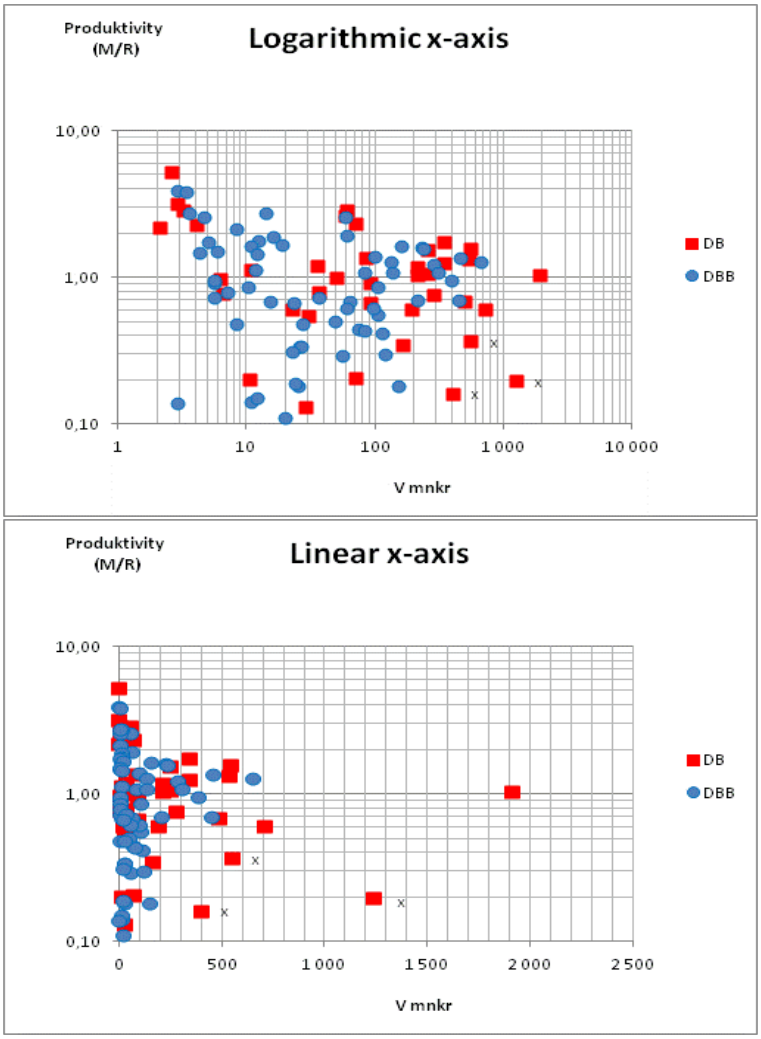


Figure 3. How productivity depends on DB, DBB and contract size.

At least at first sight Figure 3 shows no obvious layering, with DB or DBB floating dominantly above the other. If looking more closely for intervals where this would be the case, there may be a tendency that when V (on the x-axis) reaches 200, the blue spots (DBB) tend to start to float above the red squares (DB) more generally, but future research is indeed appropriate to verify if this was a coincidence or a pattern.

Expert judgment or regression? Maybe future development will find a way to combine the advantages of regression-determined coefficients with those of expert judgments. On the other hand, when the number of observations increases, the model quality achieved by regression will probably gradually improve, reducing the need and advantages of the expert judgment method.

7.3 Logarithmating into percent

In Table 6, the second variable on the list is the design-build variable DB. All variables together explain 75 % of the cost variation (adjusted r^2=0,754). The p-value for the model as a whole is very good (2.2×10^{-16}). The coefficient for the design-build variable achieved with the one-step-method will correspond to its average influence on the contracts, expressed in Swedish kronor. But such an absolute value, 25.8 mkr in Table 6, is relevant only for this particular dataset. It is more generalizable to express the coefficient as a percentage of y.

The percentage can in this case be achieved by logarithmation of y (the actual contract cost) before the regression. The coefficient will then be the percentage change of y when each x variable increases by one unit, e.g. when the design-build increases from 0 to 1. (To find the mathematical proof for this, the reader is forwarded to statistical literature).

Thirteen variables plus DB and a constant delivered the highest adjusted r^2, 0.4946 (and also the lowest p-value for F, 2.44×10^{-11}, another possible criterion for optimum, which will not be further explained here, see statistical literature). In the final and optimal regression, the coefficient for DB was 0.1838 and the p-value 0.1152.

With more and less variables the coefficient went higher, up to 25 %. 18 % is therefore also the most cautious estimate among the candidates. The most cautious p-value would be 0.13 (Table 6).

Not captured in the cost data is the design costs of the DBB contracts. To the extent that they are included in the DBs and not in the DBBs, it can be argued that this should be compensated for. If assuming them to be 5 %, the calculation $1.18\times0.95=1.12$ leaves us with an estimate of a 12 % cost addition with DB and a p-value of approximately 0.4. The five percent is a very rough figure, an expert estimate, since a proper calculation would be considerable work with new data collection.

8 CONCLUSION

No established off-the-shelf methods to calculate productivity in infrastructure investments could be found in the initial literature scan, but a number of methods were developed and then used. We first calculated the annual productivity advance, which turned out to be a net non-significant −3 % annual productivity decline, when compensated with the general cost index NPI. Regarding the productivity difference between design-build DB and design-bid-build DBB, our most trustworthy and cautious analysis delivered a non-significant 18 % lower productivity for DB with a non-significant p-value of 0.13. If including compensation for an assumed 5 % design cost saving in DBs favour, the DB relative productivity is −12 %.

Our DB/DBB study suggests that the agency should start looking for other factors in the projects than changing them to design-build if they want to achieve higher productivity. The increased use of DB fits as an explanation of the annual decline in productivity. There may however also be other reasons.

It required substantial authority and power to motivate the agency to participate in the study and deliver data. This may explain why similar studies seem not to have been undertaken before, and why it may become difficult to copy or develop our study for new researchers. Future research is still encouraged to improve, complement, modify or replace our methods or reuse them as is with other variables or new data. The presented methods are possible to use also to analyse other procurement variables' effects on productivity. There is today a lack of knowledge in this field and considerable costs at stake, possible to gain. An aim is to narrow the probability bell and reduce the confidence interval. This will sharpen the conclusions possible to make.

9 REFERENCES

Allen, S. G. (1985) Why Construction Industry Productivity is Declining. *Review of Economics and Statistics*, Vol. 517/4.

Ekonomistyrningsverket (2009) Handledning Resultatredovisning ESV 2009:29

Langford D. A., Kennedy P., Conlin J. and McKenzie N. (2003). Comparison of construction costs on motorway projects using measure and value and alternative

tendering initiative contractual arrangements. *Construction Management and Economics*, Vol 21/8, p 831–840.

Odhigu; F.O., Yahya; A., Rani, N. S. A.; Shaikh, J. M. (2012) Investigation into the impacts of procurement systems on the performance of construction projects in East Malaysia. *International Journal of Productivity and Quality Management*, Vol 9/1, p. 103–135

Pakkala, P. (2011). Improving Productivity Using Procurement Methods – an international comparison concerning roads. *Swedish Public Enquiries SOU 2012:39* Part 2, chapter 3.7, p. 56.

Sandahl, R (1991) Resultatanalys. *Riksrevisionsverket.*

Sanvido V. E. and Konchar M. D. (1998) Project Delivery Systems: CM at Risk, Design-Build, and Design-Bid-Build. *Research Report 133–11, Construction Industry Institute,* Austin, Texas.

Stenbeck, T. (2007) Promoting Innovation in Transportation Infrastructure Maintenance, *KTH Royal Institute of Technology*, Stockholm, Sweden.

Vedung, E (2009). Utvärdering i politik och förvaltning.

Wherry, R. J. (1931). A New Formula for Predicting the Shrinkage of the Coefficient of Multiple Correlation. *The Annals of Mathematical Statistics*, Vol. 2, p. 440–457.

PRICING PRINCIPLES, EFFICIENCY CONCEPTS AND INCENTIVE MODELS IN SWEDISH TRANSPORT INFRASTRUCTURE POLICY

Björn Hasselgren
KTH Royal Institute of Technology
Architecture and the Built Environment
SE-100 44 STOCKHOLM, Sweden
E-mail: **bjorn.hasselgren@abe.kth.se**

ABSTRACT

In this article the shift of the Swedish government's policies for the financing through taxation, fees and prices paid for the use of roads and railroads from 1945 until the 2010s is discussed. It is argued that the shift from a full-cost coverage principle to a short term social marginal cost principle can be seen in the light of the controversy between a Coasean and a Pigovian perspective.

The Coasean perspective furthers an institutional view where organizations and dynamic development matters while the Pigovian perspective furthers a welfare economic equilibrium view where organizations are less focused. It is argued that the shift in policies coincided with less interest and focus on the organizational perspective and incentives for organizational efficiency, which can be seen in the public documents from the time.

The government seems to have been guided by a market failure stance since the 1970s which has motivated growing intervention, following a market-economy stance in the first 25 years after the nationalization of roads and railroads. A current opening in transport infrastructure policies with more room for alternative financing, user charges and fees might, even though also consistent with short term social marginal cost principles, signal a revival of a perspective more in line with the Coasean view.

1 INTRODUCTION

Transport infrastructure systems (here primarily roads and railroads) are expensive to build but generally relatively cheap to use for every single additional road vehicle or train. There have been discussions and diverging views in many countries around how to set an efficient framework for the pricing of the use of roads and railroads. Should e.g. the users pay the full cost or only the marginal cost connected to the use of roads and railroads? Is it appropriate for the government to cover a possible financing deficit with general tax revenues, if users pay only the marginal cost? Do such subsidies lead to good overall welfare based efficiency but less strong focus on organizational efficiency?

The Swedish government nationalized roads and railroads in the late 1930s and 1940s. One of the first issues it had to deal with following the nationalization during the second world-war was the financing of the coming investments in both roads and railroads and how to set the fees and taxes for the users of the infrastructure. Since the 1940s this discussion has been reopened on a number of times. In brief two different principles have been applied in this respect; a full cost coverage and a short term social marginal cost based view on taxation and pricing.

These two principles also reflect two different perspectives when it comes to the incentive structure that is applied for the management and financing of the organizations responsible for roads and railroads. According to one perspective a direct link between fees and taxes paid by users and spending by the government is the preferred model (also called ear-marking). According to another perspective other parties than the users, often the general tax payers, via government subsidies or cross-subsidies, should normally pay for major parts of the spending on roads and railroads.

A direct connection between the users and the provider of roads and railroads through the payment channel could generally be expected to give stronger incentives for organizational efficiency and user orientation than a system where funds are channeled through the government. Ear-marking by which tax income e.g. based on fuel taxes is allocated for road-purposes can in this respect be seen as a second best alternative to direct payments by the customers to the infrastructure organizations. At the same time it can be argued that an ear-marking system managed by the government will probably be just as inefficient as other financing mechanisms managed by the government, Wagner (1991).

The different perspectives for how to finance systems such as transport infrastructure were reflected in a series of articles by Ronald Coase in the 1940s and again in the 1970s (1946, 1947, and 1970). The reasoning in the articles seems surprisingly up to date after nearly 70 years. These articles are taken as a theoretical starting point for the following discussion and analysis.

Questions that are focused in this article are:

- Is it possible and relevant to interpret the government's formation of pricing and taxation policies for the use of roads and railroads since the 1940s in terms of a shift from a full cost coverage principle to a short term social marginal cost principle for taxation and pricing?
- Have the different principles been discussed in terms of their impact on incentives for organizational efficiency in the transport infrastructure system?

The article is based on studies of government committee reports, the government's proposals to Parliament and the Parliament's discussions and decisions in relation to the proposals. The studied reports and documents cover the time period from the 1930s up to the 2010s. Whether there is a transport infrastructure policy possible to study, as separate from the overall transport policy, can of course be discussed. It is rather obvious that the two policy areas are separated for roads while generally more closely connected for railroads, in specific until the separation of railroad services from railroad infrastructure in 1989. When it comes to the financing principles these have, however, been discussed as separate themes at a number of times, and are more easily separable from the overall policy discussions.

Two major economic theoretical perspectives and principles following from these are discussed in the article. On the one hand a neo-classical welfare theory based view. On the other hand an institutional or organizational view. Based on these two perspectives some central terms in the article are clarified here:

- Welfare economics – term used for an economic concept that aims for including all socially relevant aspects of the economic activity carried out, e.g. in relation to a road system, within a perspective where optimal allocation is sought for. In this perspective the operation of a transport infrastructure system is seen as an activity which should be dealt with in a wider public sector (political) perspective.

- Business economics – term used for an economic concept that aims for the analysis of (economic) organizations and their functioning when it comes to resource allocation, management and relations to the economy at large. The private corporation acting on a market is the natural starting point of analyses based on this perspective. The economizing behavior and practices of government agencies might also be analyzed according to these principles.
- In the discussion around these perspectives in the Swedish government reports etc. since the 1940s these two perspectives have been connected to a focus on "external" vs. "internal" perspectives on efficiency.
- Efficiency – from a welfare economic perspective has to do with the overall use of resources in a society in order to reach an optimal resource allocation. Efficiency as defined from a narrower business economic perspective has to do with the economizing activities in any business organization or government administration in order to make the best possible use of and allocation of available resources, primarily within the borders of the organization. Here, neo-classics is connected to the term "welfare based efficiency" or "external efficiency", while an institutional perspective is connected to "organizational efficiency" or "internal efficiency".
- Short term social marginal costs and short term marginal costs are terms used when analyzing how the flexible costs related to an economic system or to an organization can be measured, either from a welfare basis or from a business economics oriented approach. Policies for fees/pricing and taxation are often related to these concepts.

2 THEORETICAL APPROACHES TO PRICING

Over time successive investments in roads and railroads have led to the accumulation of a major asset-base which, from an economic point of view, can be treated as sunk costs. One reason is that even if the assets represent a considerable value they have few alternative uses. The cost of tearing down roads and railroads are also considerable.

The operation and maintenance of pavements, platforms, signal systems etc. is necessary for the use of roads and railroads. These operations represent (flexible) marginal costs. The use of roads and railroads induces additional wear and tear of the assets and thus related costs. Combined these costs are more or less equivalent to the short term marginal costs. If costs external to the operation of the system as such, e.g. congestion, noise and pollution, are included a short term social marginal cost construct is arrived at.

There is a sound economic basis for charging the users of the present road and railroad system only for these short term social marginal costs. If also the depreciation of the current systems, as well as investment costs for re-construction and new-construction of roads and railroads are considered, the cost basis is of course considerably much wider than what is represented by short term marginal cost concepts.

According to the principles developed in welfare economics through the late 19th and 20th centuries (Ruggles, 1949) by a number of scholars such as Marshall, Wicksell, Pigou, Hotelling and Lerner, only to mention some, consumers' marginal utility when choosing different packages of goods and services, should be the basis for the analysis of, and decisions on, resource allocation in the economy. These theories are generally based on assumptions of perfect information, free entry and competition and rational

actors. The view on organizations is less well developed in this view and equilibrium on stable markets or in the entire economy more in focus.

Part of the same view is that decreasing-cost industries, such as roads and railroads could be expected to be organized as nationalized or regulated monopolies in order to avoid inefficiencies, such as monopoly pricing. In these cases (only) short term social marginal costs should, according to the same view, be charged for the use of the products or services. The unfinanced part of the costs, which are not covered for by short term marginal cost pricing based revenues should, according to the same line of reasoning, primarily be paid for by the government, funded with tax revenues.

Coase in his articles on the 'Marginal Cost Controversy' (1946, 1947) presented a different view on the preferable way of handling the pricing of services and goods in decreasing cost sectors. The original article was written in relief to the Hotelling-Lerner view, with its basis in marginal cost pricing and support of a system based on government subsidies. Coase presented four arguments in favor of an alternative pricing system based on multipart pricing, with separate payments to cover fixed and variable costs. With such a system the user would face the full cost of the resources that are used for the production of the good or service, which would confer a correct combined price signal.

Coase's arguments against marginal cost pricing without full cost coverage are condensed into the following arguments:

- Marginal cost pricing would lead to "mal-distribution" of the production factors to different uses, since the full costs of these would not be obvious to the user.
- Marginal cost pricing would lead to income distribution from non-users to users and from tax payers to users.
- Marginal cost pricing if combined with tax subsidies would lead to "other harmful effects" as the economy is more heavily tax-burdened
- Marginal cost pricing would lead to a risk for over-consumption and lack of information on how to spend resources in the future, since price signals are distorted.

Coase's discussion emphasizes the central role of the producing organization and its relation to users or customers. The organizational view can be traced back to Coase's 1937-article 'The Nature of the Firm'. This is a difference towards the neo-classical welfare view, with its limited focus on organizations. A parallel discussion is of course the market failure/government failure-divide where situation e.g. with less than perfect information or public choice inspired arguments have been used as support for either one of the two failure alternatives. See Medema (2009) for an historical overview of both this discussion and of Coase's contribution.

While this discussion goes back at least to the 1930s Lindsey (2006), reflecting on the later development of economists' views on road pricing up to the 2000s, notes (p 315) that the more institutional sentiment that Coase represents has not been the core element of economists' handling of issues related to road pricing in general (as an area of academic interest close to the theme in this article). The view represented by Pigou has though, since the 1940s, largely been developed by a number of scholars such as Vickrey, Walters and Mohring. Pricing of road-use based on short term social marginal cost has been the basis for these later scholars' writing. Small, Winston and Evans, among others, according to Lindsey, have shown that under some assumptions congestion and road damage charges can pay for the costs both for capacity and maintenance (p 312). This line of theorizing has also been possible to express in

mathematics and in graphical form, which has probably added to the strength of this view among economists, and also to its strong influence on the public discussion of the pricing issues.

The institutional view, which was exemplified by road and railroad-related themes in Coase's 1940s articles have, according to Lindsey, not been widely developed with further applications in this sector of the economy. As an exception the writings of Gabriel Roth can be mentioned. Roth (2006) has edited one of the later works where a number of articles discuss the prospects and favors of a more privatized road provision, but has also published a number of books in this field since the 1960s. A similar approach is presented by Winston (2010). Winston suggests privatization experiments to be introduced as a means for addressing many of the problems of the US transportation system, such as lack of innovativeness, lack of resources and slow productivity growth. These two examples show that the institutional view is represented also by contemporary scholars, even if the welfare or neo-classical view is generally the stronger in discussions around transport infrastructure.

While Coase favored a system where roads and railroads were financed without government subsidies the more recent institutional studies mentioned above seem mostly to focus on an improvement and methodological refinement of the application of short term social marginal cost based financing models. By reducing cross-subsidies between different transport modes, and striving for setting prices and fees more in line with actual marginal costs (including e.g. congestion induced costs and external effects) an improved external or welfare based efficiency could be achieved than in many present systems.

This seems to be a view where a move from weaker to more powerful incentives is sought for, while not necessarily meeting Coase's requirements, aiming for full cost coverage. Even if short term marginal cost pricing could be expected to raise sufficient resources to cover the full costs of roads in urban congested areas this would clearly not be the case in less populated areas. There would thus still be need for substantial tax-financing if these models are applied. This is of course something that is generally truer when it comes to railroads with its high infrastructure costs.

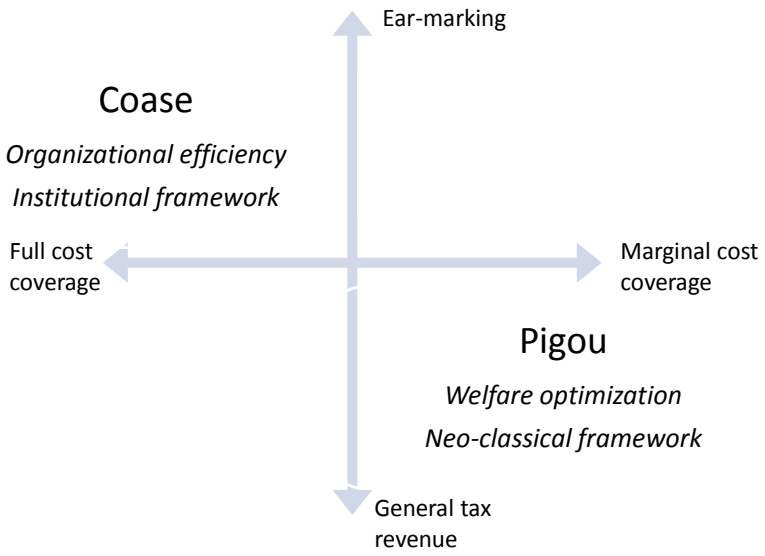


Figure 1, Coase and Pigou – different views on cost coverage and financing

The different perspectives are summarized in Figure 1 above. The x-axis shows different views on whether marginal cost or full cost coverage should be favored. On the y-axis the dichotomy between ear-marking (all government-collected revenues are directly allocated to the supplier) and the handling of revenues as general tax revenues is displayed. Coase's model, placed in the upper left, combines full cost coverage with ear-marking (which is not explicitly stated by Coase but might be assumed from the general reasoning in the articles). The Pigovian welfare model is displayed in the lower right, combining marginal cost coverage with the treatment of revenues from taxes and fees as general tax income.

It could be argued that the Coasean view is more closely related to the first welfare theorem, aiming for an efficient allocation of resources through market processes, while the Pigovian view, also reflected by scholars like Wicksell, is closer related to the second welfare-theorem, where redistribution of resources through, possibly, political decision-making, is introduced. Blaug (2007) argues that the second theorem even "emerged out of a discussion of the principle of marginal cost pricing applied to public enterprises" such as natural monopolies.

Another interesting view also connected to the welfare theorems but closer to public choice theory, is represented by Wagner (2007), who argues that the traditional dichotomy between a "market square" and a "public square" where peoples' life are spent, is a prerequisite for the development of welfare economics. In real life, however, Wagner argues, that it could be questioned whether this dichotomy really exists and further as regards whether there is only one, or more public squares, opening for a polycentric view. Wagner argues that a model where a more dynamic view on resource allocation could be a way forward in developing an alternative theoretical framework for discussion on "good management" and resource allocation. This view resembles some of the views also discussed by Coase favoring negotiations and the institutional framework in societies as important for achieving an efficient use of resources. There are clearly differing views on the proper basis for analysis and policy development in this field.

3 EXAMPLES FROM SWEDISH TRANSPORT INFRASTRUCTURE POLICY

Three rather distinct time-periods can be observed when it comes to the government's formation of pricing and financing policies for roads and railroads since the 1940s.

- The full cost coverage period 1945-1978
- The mixed pricing policies period 1979-1988
- The social marginal cost period 1989-

The following discussion is organized following these three periods.

3.1 The Full Cost Coverage Period

Following the nationalization of roads and railroads in Sweden by the late 1930s and early 1940s the government initiated the post war planning in the transport-sector. The first post- world-war two *Transport Committee* started its work in 1944. It presented its final report in 1947 (SOU 1947:85). The overriding principle for the management, planning and financing of transport infrastructure was defined to be to aim for broad

social welfare based efficiency, expressed as the highest possible output in relation to the resources used in the sector. In addition to this a principle of full cost responsibility for every single transport mode was proposed, echoing pre-war policies in this field.

Overall the Committee had a positive view on the value of free enterprise and competition as a basis for the development of a sound and efficient transport system, more than leaning towards centralized planning. Dynamism, technological development and competition were seen as superior aspects of a free market, compared to a government controlled development or "dirigisme". This was a reasoning coming close to discussions raised in, at the time, current discussions raised by both Hayek (1944) and Schumpeter (1942), favoring entrepreneurial activity and with a critical view on planning and government intervention. The two representing different views on the possible future outcome of the balance between market and hierarchy; with Hayek favoring market solutions and Schumpeter projecting an inevitable "march into socialism".

The 1944 Transport Committee´s proposals were, according to Sannerstedt (p 5, 1979), never followed by any explicit proposals by the government. When reading the government's yearly budget bills for the years following the war-end it is obvious that the government instead focused on the need for tackling the overriding economic policy dilemma; a strong demand driven growth in consumption and imports and the necessity to balance this demand against the major needs for investments in most areas of the economy. To set up a separate road-management structure with an independent (from the government) set of accounts, as suggested by the 1944 Transport Committee in order to strengthen the business economic efficiency-incentives in the road administration, was never proposed by the government. This is presumably explained by the government's willingness to preserve discretion in fiscal and budgetary matters.

The future of the general transport policy was however again in focus of the *1953 Transport Policy Committee***,** reporting in 1961 (SOU 1961:23). It presented a coherent plan for a sustained market oriented transport policy with focus on deregulation, where major remaining war-time regulations should be abolished. The basic strategy, with the focus on a business economic inspired framework and a cost responsibility principle, was also to be left unchanged.

The basis for (undefined but seemingly close to welfare) efficiency of the system was, according to the Committee, that the true (mainly direct financial) costs of the different transport modes were reflected in the prices and taxes that the transport users met. This was a direct link to the cost responsibility principle of the 1940s and 50s. This policy would enable choices in each single situation to be efficient as the costs of the services would be reflected against the willingness to pay for these services. It would also lead to a subsequent separation of transport flows to the different modes according to their relative strengths.

The Committee also discussed marginal cost-based pricing principles (at the time no specific definition of whether social or business economic efficiency was focused), which were said to be the correct pricing principle for the existing network at any given time. The Committee had, at the same time, the view that for new-construction the users should be charged the full costs of the projects. In a situation with a strong projected investment growth full-cost coverage would set a frame for the total investment volumes. There had been similar concerns over risks for over-investment, discussed in the government's long term economic policy committees, set up by the ministry of finance. This risk, it was argued, could be met by this two-tier pricing policy.

The Transport Policy Committee's work was commented on in the government's proposal to Parliament in 1963 (1963:119). The government more or less endorsed the proposals of the Committee, as did the Parliament. This decision also summarizes and formalized the rather strong focus on the cost responsibility principle which had been dominating in the actual government policies since the mid-1940s.

3.2 The Mixed Pricing Policies Period

Through the 1960s there was a growing public discussion on the future development of the transport system as road traffic and private car ownership grew. One of the outcomes of the discussion was that there were political claims for the railroad system to be protected from further closures and questions were also raised whether the projected and prolonged strong growth of the number of motor vehicles was reasonable. The proper estimation of the social costs of the road-system, and the possible application of the economic principles also for the railroads was therefore one of the concerns in the late 1960s and early 1970s when discussing transport policy.

In order to answer to the public pressure for a revised transport policy as the critique against the perceived road-transport favoritism, and the cautions that the railroad-system was disadvantaged by the prevailing policies, the government decided to set up a new Committee, the *1972 Transport Policy Committee*.

The government at this time aimed for a redirection of transport policy. The Committee expressed the main features of the new transport policy to be the wider welfare based (economic) goals. Within a framework of government ownership of transport infrastructure and welfare economic principles the transport services organized either as government agencies or private sector operations should, however, still be carried out with the overriding aim to achieve a more narrow organizational efficiency.

In a report from the Committee in 1978 (SOU 1978:31), focusing on the cost responsibility principles and fee-structures, the view that the cost responsibility perspective should be abolished for both railroads and roads was however advocated.

The Committee thus emphasized the wider welfare based economic perspective when it came to the management, financing and planning of transport infrastructure. The importance of organizational efficiency in the production of the services and the management of the government agencies in the area was only briefly discussed. Only one paragraph was included in the 1978-report (p 41) discussing the need for a focus on the internal efficiency of the agencies (and other organizations) in the transport sector. Little was said in this respect other than that "intense rationalization- and cost-reduction" should be the focus of the organizations and that "motivation" is important as the marginal cost principle would probably not give the best prerequisites for (internal) efficiency.

The government sent its proposal to Parliament in 1979 (1978/79:99). The 1963 goal for transport policy was proposed to be changed in line with the recommendations from the 1972 Transport Policy Committee. A new overriding goal for transport policy reflecting the shift to a welfare economic stance was proposed by the government.

Short term social marginal cost based pricing was seen as the preferable principle for future decisions on the prices and taxes in the area, and primarily when it came to the use of the existing network. At the same time the difficulties in applying these

principles were reflected on. The fiscal objectives of the government were also emphasized, showing that the full cost perspective was still valid to some extent.

The Parliament endorsed the proposals. The 1979 parliamentary transport policy decision did, however as it turned out, not have enough stability and impact to change the actual policies as it had been intended. The road and railroad agencies were still acting more from an internal efficiency perspective than from an overriding social perspective. The government therefore had initiated a renewed work for analyzing the transport policies already by the mid 1980s.

A number of *reports were presented by the ministry of communication* during the 1980s as a result of preparations for a coming transport policy decision. One of the reports concerned the cost responsibility of the transport sector, and was published in 1987 (DsK 1987:4). In this report the connection between the financing principles and the organizational or internal efficiency of each separate transport mode was discussed. It was argued that a cost-responsibility principle would give stronger incentives for organizational efficiency than if fixed costs were covered by general tax-income. The report finally proposed something close to a mix of the 1963 and 1979 transport policy decisions in these respects.

The government, in its *proposal to Parliament in 1988* (1987/88:50), concluded that the principles of the 1979-decision had not fully been implemented in the sector. The different market-conditions in the sub-sectors where the transport modes operate had, according to the government, over time been more influential than the overriding political principles as decided in the transport policy decisions.

As the communication minister discussed the cost-responsibility principle in the transport policy area the conclusions and proposals came close to the proposals in the 1987 ministry initiated report. Short term social marginal cost based prices/fees and taxes were thus proposed to cover short term costs while a (full) cost responsibility principle was proposed to cover fixed costs, which should be borne as far as possible on a per transport mode level in the system.

Competition between the transport modes and the importance of the free choice of transport service customers and users were further emphasized in the proposal. Here, the government took a step back from the more vaguely formulated principles from 1979, where the basic principle was that the financing gap, following the introduction of short term social marginal cost based prices/taxes, should be covered by general government financing rather than by sub-sector cost responsibility.

The period from 1963 to 1988 was clearly marked by a mix of principles and shifting policies. The period started and finished with more or less similar formal policies; a market oriented policy with an aim for full cost coverage, with a foreword for social cost benefit inspired calculation methods to guide investment decisions combined with short term social marginal cost based pricing/taxation principles.

3.3 The Social Marginal Cost Period

The 1988 parliamentary decision seems to have had as limited impact on the ”real world” practical policies as the 1979 decision had. By the mid 1990s the government once again saw it as necessary to analyze transport policy and another government Committee was launched. The focus was a general reform of transport policy. The Committee proposed a widened role for transport policy to explicitly include areas such

as regional policy, sustainability, traffic safety etc. This marked a shift to a more politicized agenda for transport policy.

The report (SOU 1997:35) from the *1996 Transport Policy Committee* was also more openly political in its style than earlier reports in the policy area. Transport policy was described as a political policy area where the main focus should be the achievement of political goals, rather than to see transport policy and transport systems primarily as functional systems.

The Committee reflected on the issue of internal and external efficiency of the transport system with a view that a cost responsibility principle would give a sound framework for internal efficiency, more so than a welfare economic based framework with tax-funding of fixed costs. A number of reasons were, at the same time, presented as support for rejecting the cost-responsibility principle.

In a few sections in its final report (p 138 ff) the Committee concluded that the former (1963 and 1988) policies were deficient as guiding principles. The (once again) new policy was proposed to be that short term social marginal costs should be the basis for fees and taxes. Financing of fixed costs should (normatively expressed) be covered for by general tax revenues. At the same time some additional financing from users should be possible in specific cases, to open for efficiency gains in addition to what social cost benefit analysis shows. This should probably be seen as a sign of the Committee's view that social cost benefit analyses did not capture all of the possible social gains in society as a result of transport infrastructure projects. This is however not to say that such additional financing would actually improve social net-welfare.

In its *proposal to Parliament in 1998* (1997/98:56) the government presented a view close to that of the 1996 Transport Policy Committee. However, as in earlier decisions that have been reflected on in this article, the government was more pragmatic in its stance than the Committee working with the questions. The government thus, in its basic "transport policy principles" (p 36 ff) clearly outlined that, even though transport policy was one policy area among many other and that transport issues mainly are to be treated in relation to the political goals and not primarily as a functional system, transport services at the same time have to be based on the principles of decentralization of demand and user choices. It was, according to the government's proposal, through the active choices by users and customers of transport systems that efficiency (here obviously in terms of welfare efficiency) and development can be achieved.

When it comes to the view on the cost responsibility in the transport sector the government was clear that the basic principle should be that prices and taxes should reflect the short term social marginal costs of the use of the transport infrastructure system, with a focus on internalization of external effects.

The decision in 1998 has been confirmed by two later decisions on transport policy in 2006 (2005/2006:160) and 2008 (2008/09:35). Short term social marginal costs as basis for the charging of fees and taxes has become the new cost responsibility principle of transport infrastructure policy since the late 1990s, and it is also part of the EU transport policy framework.

This third period clearly marks a shift towards a policy with short term social marginal cost pricing and an internalization of cost elements representing external effects when it comes to transport infrastructure, signaling a more open attitude towards government interventionism in the systems compared to earlier. The focus on the

incentives for organizational efficiency in the government agencies managing the systems seems to have been reduced compared to earlier periods.

4 CONCLUSIONS

The questions that are focused in this article are on the one hand whether it is possible and relevant to interpret the government's formation of pricing and taxation policies for the use of roads and railroads since the 1940s in terms of a shift from a full cost coverage principle to a short term social marginal cost pricing and taxation principle. On the other hand it is discussed whether the different principles have been discussed in terms of their impact on incentives for organizational efficiency in the transport infrastructure system.

The answer in short is that it seems reasonable to analyze the development of pricing and taxation policies for transport infrastructure in terms of a shift from a Coasean to a Pigovian view on these issues. Further the government's focus on incentives for organizational efficiency seems to have become weaker over time in parallel to this shift.

It is interesting to see that these two perspectives are connected to the two theoretical welfare theorems and indeed also to discussions about their applicability as a yard-sticks for a proper discussion on resource allocation in the producing organizations and on a societal level, as reflected on e.g. by Blaug, Medema and Wagner.

A pricing and tax policy in line with (Coasean) multipart pricing was used for road financing from the 1940s until the early 1970s. Fixed taxes for vehicles related to the weight of the vehicle were combined with per liter taxes on fuel. Ear-marking of collected tax-revenues for road purposes made the connection between the users and the providing government administrations rather close. For railways the pricing structure during the same time period included different pricing models tuned to the different market segments, but under a (formal) full cost coverage policy.

Welfare economics-based (Pigovian) pricing and taxation models have been dominating for road and railroads since the 1970s. Short term social marginal cost pricing and taxation models have been introduced leading to increasing tax revenues from road-transport as inclusion of cost-elements representing e.g. external effects have been made. Government subsidies to meet the financing deficit primarily in the railroad system have become more important for the system's financing. Ear-marking as a principle has also become less obvious and to some extent even been abolished formally by the introduction of more strict fiscal regulation in Sweden aiming for preserved macro economic and fiscal balance.

A possible way to interpret this change in policies might be that there has been a shift in focus of the discussion from a view close to Coase's standpoint in the 1940s, where organizations matter for the possible achievement of good allocation of resources in the transport infrastructure sector and where the good and professional management of the road and railroad agencies was an important concern for the government and government committees analyzing the policy area. The present focus, which has grown stronger since the 1970s, has been that maximization of welfare-surplus in the transport infrastructure sector should be the overriding goal of the government's policies.

This shift in policy stance is presented in Figure 2 below. Naturally, this figure might simplify and overstate the strength of the change in the policies. There are a number of divergent developments at any time in most sectors of the economy, and this is the case

also in transport infrastructure, why the development is more ambiguous in reality. The figure however, gives an indication of the broad development.

The shift might be interpreted as a departure from the focus on organizational or internal efficiency of the producing organizations and their relation to the users to a focus on external efficiency. As Figure 2 shows this focus-change has also been combined with a move from a principle of ear-marking of the government's revenues from (primarily) road transport to be used for road-maintenance and investments, to a model where all government revenues are treated as general tax revenues to be used at the discretion of the Parliament and government in yearly budget decisions. There is a tendency that the ministry of finance has acted in order to preserve overall financial and fiscal stability while the ministry of communication/enterprise (the responsible ministry for transport infrastructure at different times) has been more interested in the development of the transport infrastructure system.

The incentive effects connected to the different pricing principles have been discussed in the public documents as exemplified in the article. However, the focus on incentives has become less marked over time. The post second world-war discussion was clear in this respect. Entrepreneurial discovery and organizational efficiency was in focus. Later discussions on these matters have been less developed and perhaps have been taking place more as administrative processes in the relation between the ministry and the responsible agencies. A shift from stronger to weaker incentives for organizational efficiency seems to have been paralleled with growing subsidies from the government to the railroads and the stronger fiscal interests as a motivation for road transport taxation.

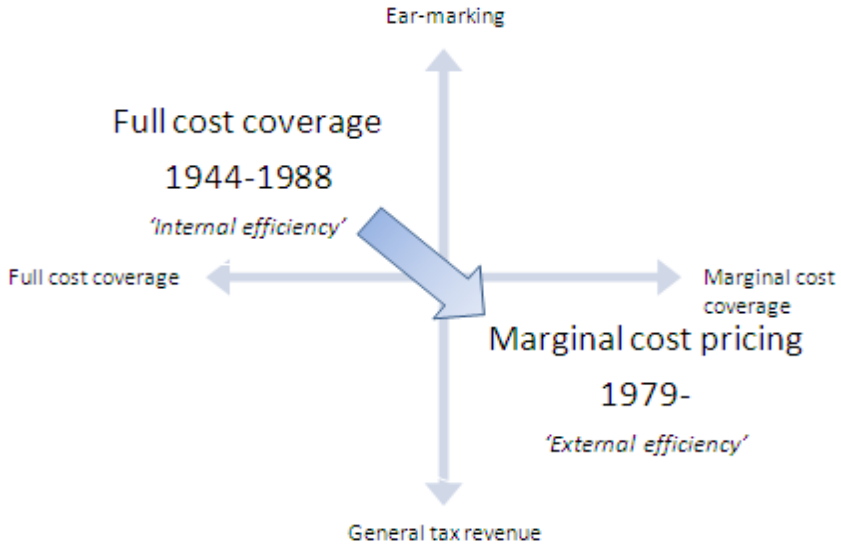


Figure 2, Shifting cost coverage view and financing policies for transport infrastructure

If Coase's cautions towards policies of this kind should be listened to we should expect the overall efficiency of the operations of the organizations in the road and railroad systems to have been reduced, as the incentives for efficiency has become weaker.

One additional observation is that the government, at least since the 1990s, has acted with a market-failure stance as the dominant view on the functioning of the transport infrastructure system, quite a move from the market-economy stance expressed e.g. by the 1944 Transport Committee. There are less obvious examples where the government has acted in order to strengthen the institutional arrangements, such as proprietary rights, in order to foster a more efficient spontaneous process of negotiations between parties involved in possible market-failure situations.

The possible reciprocity of such negotiations and the institutional variance that Coase (1960) pointed to as important for efficiency and sustainability have not been a focus of the government's policies. The government's interventionist stance might instead have enforced less efficient structures compared to those Coase suggested, if analyzed from a cost efficiency and customer perspective. The fulfillment of the wider political goals developed over time for the infrastructure sector might though have been improved.

Lately there are signs of a more open view from the government toward alternative financing as congestion charging, road tolls for specific sections of the road system and raised rail-road fees, even if these are also often framed in terms of short term social marginal costs. These measures also have brought a higher degree of ear-marking in the financing. It might be the case that the current development is something of a revival of the Coasean view on transport infrastructure financing with a stronger organizational focus in Sweden.

REFERENCES

Blaug, M. (2007). The fundamental Theories of Modern Welfare Economics, Historically Contemplated. *History of Political Economy.* 39:2, Duke University Press.

Coase, R. H. (1937). The Nature of the Firm. *Economica, New Series.* Vol 4, No 16, pp 386-405. Blackwell Publishing.

Coase, R. H. (1946). The Marginal Cost Controversy. *Economica.* New Series, Vol 13, No 51, pp 169-182. Blackwell Publishing.

Coase, R. H. (1947). The Marginal Cost Controversy: Some Further Comments. *Economica*. New Series, Vol 14. No 54 (may 1947). Pp 150-153. Blackwell Publishing.

Coase, R. H. (1960). The Problem of Social Cost. *Journal of Law and Economics.* Vol 3, pp 1-44, The University of Chicago Press.

Coase, R. H. (1970). The Theory of Public Utility Pricing and its Application. *The Bell Journal of Economics and Management Science.* Vol 1. No 1, pp113-128, The Rand Corporation.

Hayek, F. A. (1944). ed by Caldwell, B. (2007). The Road to Serfdom, Text and documents. *The University of Chicago Press.*

Lindsey, R. (2006). Do Economists Reach A Conclusion on Road Pricing? The Intellectual History of an Idea. *Economic Journal Watch.* Vol 3 No 2, 2006, pp 292-379.

Medema, S. G. (2009). The Hesitant Hand, Taming Self-interest in the History of Economic Ideas. *Princeton University Press.*

Roth, G. ed. (2006). Street Smart, Competition, Entrepreneurship and the Future of Roads. *The Independent Institute*. Transaction Publishers

Ruggles, N. (1949). The welfare basis of the Marginal Cost Principle. *Review of Economic Studies*. Vol 27 (1949-50), pp 29-46.

Sannerstedt, A. (1979*).* Fri konkurrens eller politisk styrning? 1963 års trafikpolitiska beslut – debatten om innehåll, tillämpning och effekter. *Studentlitteratur*. Lund.

Schumpeter, J. S. (1942). Capitalism, Socialism and Democracy. *Harper Perennial Modern Thought.* (2008).

Wagner, R. (1991/2011). Charging for Government, User charges and earmarked taxes in principle and practice. ed by Richard E Wagner, *Routledge Revivals*.

Wagner, R. (2007). Fiscal Sociology and the Theory of Public Finance – An Exploratory Essay. *Edward Elgar*. USA.

Winston, C. (2010). Last Exit – Privatization and Deregulation of the U.S. Transportation System. *Brookings Institution Press.* Washington D.C.

- *Government and Parliamentary documents*

DsK 1987:4 ”Transportsektorns kostnadsansvar”, Stockholm.

Government Bill 1963:119 “Riktlinjer för den statliga trafikpolitiken m.m.”, Stockholm.

Government Bill 1978/79:99 ”Om en ny trafikpolitik”, Stockholm.

Government Bill 1987/88:50 ”om trafikpolitiken inför 1990-talet”, Stockholm.

Government Bill 1997/98:56 ”Transportpolitik för en hållbar utveckling”, Stockholm.

Government Bill 2005/06:160 ”Moderna transporter”, Stockholm.

Government Bill 2008/09:35 ”Framtidens resor och transporter”, Stockholm.

SOU 1947:85 ”Det inrikes trafikväsendet”, 1944-års trafikpolitiska utredning, Stockholm.

SOU 1961:23 “Svensk Trafikpolitik – del 1”, 1953-års trafikutredning, Stockholm.

SOU 1973:32 ”Vägtrafiken - kostnader och avgifter”, Stockholm.

SOU 1978:31 ”Trafikpolitik – kostnadsansvar och avgifter”, Stockholm.

SOU 1997:35 ”Ny kurs i trafikpolitiken”, Stockholm.

Transportforskningberedningen (TFB), ”Transportsektorns effektivitet och finansiering”, 1987:10, Stockholm.

SAMHÄLLSEKONOMISKT EFFEKTIVA BANAVGIFTER FÖR ALLOKERING AV KNAPP SPÅRKAPACITET

Kjell Jansson
Trafikanalys
Sveavägen 90, 113 59 STOCKHOLM Sverige
E-post: kjell.jansson@trafa.se

ABSTRACT
Det första järnvägspaketet har omarbetats i den europeiska unionen och fastsällt en nytt direktiv, där banavgifter utgör en del. Samtidigt arbetar Trafikverket samtidigt med frågor om marginalkostnadsbaserade avgifter, finansierande avgifter och tilldelning av knapp bankapacitet.

Den europeiska unionens direktive ger inga tydliga riktlinjer för hur marginalkostnadsbaserade avgifter ska beräknas, speciellt beträffande kapacitetsbrist.

Både EU: s direktiv och Trafikverket ignorerar väsentliga externa effekter som borde spela stor roll för fastställande av samhällsekonomiskt effektiva avgifter.

Inledningsvis beskrivs kort hur EU: s direktiv ser på banavgifter samt några av Trafikverkets ståndpunkter. Med hjälp av en analytisk modell görs sedan ett försök att härled effektiva marginalkostnadsbaserade och finansierande avgifter, samt ges ett räkneexempel med tänkbart utfall av marginalkostnadsbaserade avgifter. Sådana skulle eventuellt kunna leda till grannlaga fördelningspolitiska överväganden.

1 Inledning

Syftet med denna artikel är att diskutera samhällsekonomiskt effektiva banavgifter. I denna inledning beskrivs dels det direktiv som har fastställts inom EU vad gäller banavgifter dels de ståndpunkter i frågan som har framförts av Trafikverket. Både det nya direktivet och Trafikverket konstateras ignorera väsentliga externa effekter.

I avsnitten 2-4 presenteras en ekonomisk modell[1] som beaktar också dessa externa effekter. I avsnitt 2 behandlar samhällsekonomiskt effektiva banavgifter och tilldelning av knapp spårkapacitet och i avsnitt 3 effektiva finansierande avgifter. Avsnitt 4 innehåller ett räkneexempel med tänkbart utfall av effektiva avgifter. Slutsatser framförs i avsnitt 5. Observera att Trafikanalys här inte rekommenderar något beträffande kalkylering av banavgifter; rapporten ska betraktas som ett diskussionsunderlag.

1.1 EU: s omarbetning av järnvägsdirektivet vad gäller banavgifter

Inom EU finns följande direktiv: DIRECTIVE 2012/34/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 November 2012 establishing a single European railway area (recast).

[1] Modellarbetet, förutom räkneexemplet, har gjorts i samarbete med Harald Lang, matematiska institutionen, KTH, Stockholm.

EU: s direktiv innehåller skrivningar beträffande två slag av marginalkostnadsbaserade avgifter.

För marginalkostnader relaterade till tågets framförande är skrivningen i Artikel 31, paragraf 3: ”the charges for the minimum access package and for access to infrastructure connecting service facilities shall be set at the cost that is directly incurred as a result of operating the train service.”

För marginalkostnader relaterade till kapacitetsbrist är skrivningen i Artikel 31, paragraf 4: “The infrastructure charges referred to in paragraph 3may include a charge which reflects the scarcity of capacity of the identifiable section of the infrastructure during periods of congestion.”

Beträffande finansierande avgifter är en del av skrivningen i artikel 32, paragraf 1: ”In order to obtain full recovery of the costs incurred by the infrastructure manager a Member State may, if the market can bear this, levy mark-ups on the basis of efficient, transparent and non-discriminatory principles, while guaranteeing optimal competitiveness of rail market segments.”

1.2 Trafikverkets ståndpunkter

Trafikverket instämmer i princip med EU: s skrivningar, men av nedanstående citat med kommentarer framgår att Trafikverket har en del problem vad gäller vissa tillämpningar.

Trafikverket (2012b), Sid. 6: ”På sikt bör banavgifterna differentieras med utgångspunkt från de kostnader som tågtrafiken ger upphov till. Det bör ske i takt med att kunskaperna om de relevanta kostnaderna förbättras. Målet bör vara att de kortsiktiga marginalkostnaderna för drift, underhåll och reinvestering som tågtrafiken ger upphov till ska täckas med en infrastrukturavgift. Avgiften bör, med en rimlig differentiering, återspegla dessa kostnader. Differentieringen bör ge en ändamålsenlig styreffekt men ska inte vara administrativt betungande.”

Trafikverket (2012b), sid. 7-8: ”Om särskilda avgifter tas ut förutsätts den obligatoriska infrastrukturavgiften redan täcka de kostnader som uppstår som en följd av den tågtrafik som bedrivs. Innan sådan kostnadstäckning har uppnåtts saknas i princip skäl att ta ut särskilda avgifter.

I dag tar Trafikverket ut tåglägesavgift, passageavgift och en övrig särskild avgift för persontrafik med stöd av bestämmelserna om särskilda avgifter, trots att infrastrukturavgiften inte ger den i lag föreskrivna kostnadstäckningen. Tåglägesavgiften är det mest framträdande styrmedlet i avgiftsstrukturen. Styrningen sker genom en prismässig differentiering grundad på bandelarnas kvalitet, som började användas 2011. Trafikverkets plan för banavgifternas utveckling förutsätter att denna ordning kommer att bestå på kort sikt. På längre sikt bör dock styrningen i huvudsak ske med den obligatoriska infrastrukturavgiften, grundad på kostnadsbilden.”

Trafikverket (2011), avsnitt 2.2, sid. 9: ”Även om skattade marginalkostnader kring trängsel saknas, finns stor kunskap om vilka tåglägen som är eftertraktade och var trängseln på spåret är som störst. I ”Situationen i det svenska järnvägsnätet” (Trafikverket, 2011), framgår att trängseln är särskilt stor kring storstäderna och längs de större stråken….. Denna kunskap bör i större utsträckning användas i framtida utformande av en styrande avgiftsstruktur för ett effektivare användande av kapacitet, tillsammans med skattade marginalkostnader som bland annat styr mot bättre fordon. Exempel på kapacitetsstyrning med tågkilometerbaserad tåglägesavgift framgår i Nelldal & Wajsman (2009). Den förstudien visar effekter av en differentiering dels i tid (låg- respektive högtrafik), dels i rum (beroende på bansträcka).”

1.3 Kommentarer

Trafikverket tillämpar således ännu inte fullt ut avgifter som speglar marginalkostnader. Rågången mellan marginalkostnadsbaserade och finansierande avgifter är oklar i den nuvarande avgiftsstrukturen enligt Trafikverkets skrivningar. Tåglägesavgiften för olika sträckor motiveras inte av att den speglar marginalkostnad utan av kvalitet, vilket är märkligt.

Det framgår att marginalkostnader för kapacitetsbrist har ännu inte alls har uppskattats av Trafikverket. Trafikverket borde emellertid kunna uppskatta kapacitetsbaserade avgifter på egen hand eftersom EU-utkastet inte innehåller några specifika krav på hur dessa ska beräknas, vilket Trafikverket också synes mena att man avser att göra på sikt. Om Trafikverket kunde uppskatta differentierade marginalkostnader även för bristande bankapacitet skulle begreppen passageavgifter och tåglägesavgifter som i praktiken tillämpas vid bristande kapacitet kunna utgå. Avgifterna skulle dessutom vara baserade på marginalkostnader och inte behöva betecknas som finansierande vilket de är nu.

1.4 Ej beaktade externa effekter

Både EU och Trafikverket pläderar för marginalkostnadsbaserade avgifter baserade på externa effekter dels från tågets framförande och dels från trängsel på spåren. De förstnämna effekterna gäller främst marginalkostnader för underhåll, luftföroreningar och buller. Det är däremot oklart både i direktivet och i Trafikverkets skrivningar vad marginalkostnader för trängsel på spåren består i. Det synes som om både EU: s direktiv och Trafikverket ignorerar vissa väsentliga externa effekter. Den samhällsekonomiska bedömningen kan inte överlåtas till de enskilda järnvägsföretagen eller trafikorganisatörerna eftersom dessa bara tar hänsyn till kundernas intressen via dessas manifesterade eller förmodade efterfrågan, d v s effekter för intäkterna, vilka ska beaktas också i en samhällsekonomisk bedömning. Intäktseffekten av standard beaktar operatörerna själva, men inte kundernas värderingar av standard i sig, inte heller effekter för andra operatörers finanser, vilka är externa för dem. De externa effekter som bör beaktas är:

1. Varje tågoperatörs kunders värderingar av och därmed kostnader för väntetid.
2. Varje tågoperatörs kunders värderingar av och därmed kostnader för förseningstid.
3. Varje tågoperatörs finanser.

Då Trafikverket förklarar järnvägsnätet överbelastat tillämpas ”samhällsekonomiska prioriteringskriterier”, Trafikverket (2012a):”Den grundläggande principen för Trafikverkets prioriteringskriterier är att väljaden lösning av konflikter mellan sökande som ger den största samhällsekonomiska nyttan.” I bedömningen beaktas operatörernas produktionskostnader, men efterfrågan och intäkter kan inte beräknas. Dessutom beaktas olika resenärsgruppers skilda värderingar av åktid och skilda värderingar av så kallad förskjutningstid, vilken har någon koppling till väntetid. Däremot kan effekter på punktlighet uppskattas, i brist på samband mellan antal tågavgångar och förseningar. Vid den årliga tilldelningsprocessen beaktas tågoperatörernas synpunkter. De externa effekter 1, 2 och 3 behandlas således ofullständigt eller inte alls i Trafikverkets bedömningar.

2 Optimala banavgifter och allokering av knapp spårkapacitet

Här presenteras en modell som syftar till att visa hur optimala banavgifter bör utformas från välfärdssynpunkt, vilket är den principiellt riktiga metoden också för allokering av knapp spårkapacitet inklusive beaktande av externa effekter.

I grunden antas bristande spårkapacitet och vi härleder optimala avgifter för denna situation, men som ett specialfall erhålles optimala avgifter även för det fall då det inte råder spårbrist.

Olika operatörer kan ansöka om ett antal tåglägen under en viss tidsperiod, exempelvis 06.30-08.30. I den modell som utvecklas här beaktar vi inte önskemål om de exakta tåglägena, exempelvis 06.50, 07.30 och 08.20, utan antalet tåglägen under perioden,
d v s 3 i detta exempel. Antalet tåglägen för en operatör under perioden uttrycks som frekvensen F .

Vi antar således att flera operatörer önskar använda samma spar utefter viss järnvägssträckning.

Varje operator *j* antas maximera vinsten genom att bestämma sin optimala frekvens F_j . I situationer med knapp kapacitet är den optimala frekvensen den *önskade* frekvensen, eftersom utfallet av spårallokeringen är okänd när man bestämmer sig för optimal (önskad) frekvens, vilket inträffar innan Trafikverket har fastställt tilldelningen.

Vi kan begränsa analysen till att bestämma optimal avgift för en godtycklig operatör eftersom den är symmetrisk för alla operatörer. För enkelhets skull kallar vi denna godtyckliga operatör enbart operatören. För operatören krävs då inget index. Efterfrågan för operatören är X men X_j för andra operatörer j och vi använder också vektorbeteckning för alla andra operatörer genom bar, till exempel $\overline{F}$.

Varje operatör betalar en banavgift, t_j . I optimum ska denna vara lika med samhällelig marginalkostnad.

Vi beaktar externa kostnader för framförande av tåget, E , vilken beror av antalet avgångar (frekvens), d v s. $E(F)$.

Det finns också externa kostnader som berör operatörens egna kunder i termer av väntetidskostnad. Parametern v är ett uttryck för värdering av väntetid och kostnaden för denna avtar med frekvensen, så att väntetidskostnaden per kund kan skrivas som v / F .

Där det råder kapacitetsbrist finns också förseningskostnader, $D(F, \overline{F}) = D(F, F_1, F_2, \ldots)$, som drabbar alla kunder till alla operatörer som använder samma spår. Förseningskostnader för operatörens kunder betecknas med $T = T(F, \overline{F})$.

Observera att F_j inte bara representerar antal avgångar utan varje F_j representerar också parametrar för varje avgång i form av tågtyp, där var och en av dem kan förorsaka specifika kostnader i form av slitage, underhåll emissioner, buller, trängsel etc. Dessa parametrar beaktas för enkelhets skull inte explicit

Med kapacitetsbrist måste vi också beakta externa kostnader i form av att vinsten påverkas för de operatörer som konkurrerar om avgångar.

Operatören antas inte kunna beakta den efterfrågan och därmed de intäkter som beror av förseningar, eftersom utfallet av tilldelning av tågavgångar är okänt när operatören bestämmer sin önskade frekvens, d v s innan tilldelningen sker.

För att kunna beräkna optimala avgifter måste nytta och kostnader för alla operatörers kunder beaktas, i form av väntetidskostnad, förseningskostnad beaktas, liksom vinsten för operatörerna.

Konsumentöverskottet hos kunderna till operatören beror av priset p, förseningskostnaden T och frekvensen F.

Vi antar följande funktionsform för konsumentöverskottet:

$$S(X,F,p)=\frac{a}{b}X-\frac{1}{2b}X^2-\left(\frac{v}{F}+T(F,\bar{F})+p\right)X \tag{1}$$

där a, b och v är positiva konstanter och $T(F,\bar{F})$ är förseningskostnaden för operatörens egna kunder (det kommer snart att framgår varför detta är en lämplig funktionsform).

Kunderna till operatören väljer antal resor X för att maximera sin nytta:

$$S_X(X,F,p)=0 \tag{2}$$

vilket ger efterfrågefunktionen:

$$X=a-b\left(\frac{v}{F}+T(F,\bar{F})+p\right) \tag{3}$$

Uttrycket inom parentes är den generaliserade kostnaden, som vi kallar G, dvs.:

$$G(p,F)=\frac{v}{F}+T(F,\bar{F})+p \tag{4}$$

Vi kan således uttrycka efterfrågan som en funktion av den generaliserade kostnaden:

$$X(G)=a-bG \tag{5}$$

Om vi använder uttrycket för X i (1), kan konsumentöverskottet S uttryckas som en funktion av G enbart:

$$S(G)=\frac{a}{b}X(G)-\frac{1}{2b}X(G)^2-G\,X(G)$$

Derivatan av S med avseende på G är:

$$S'(G)=-X(G) \tag{6}$$

Sammanfattningsvis: vi har antagit en specifik funktionsform för konsumentöverskott S, som en funktion av generaliserad kostnad, G, vilken beror på väntetidskostnad, förseningskostnad och konsumentpris se (4)). Efterfrågan är då linjär i G (se 5)).

Vi uttrycker producentöverskott som intäkter minus kostnader:

$$\pi(p,F,t)=pX(G)-C(X,F)-tF \tag{7}$$

där $C(F,X)+tF$ är kostnadsfunktionen inklusive banavgiften t.

Observera att operatörens vinstfunktion inte beror av efterfrågan som funktion av de egna kundernas förseningskostnader, av skäl som nämndes ovan.

Operatören antas maximera vinsten genom att välja F (som nämnts betraktar vi konsumentpriset som exogent, åtminstone tills vidare) enligt:

$$0=\pi_F\left[p,F,t\right] \tag{8}$$

Målet är att maximera de totala samhälleliga nyttorna och kostnaderna. Det finns externa kostnader, $E(F)$ och $\bar{D}(F)$, som beror på frekvensen. $E(F)$ representerar externa kostnader för tågdriften i form av slitage, underhåll, emissioner etc. och $\bar{D}(F)$, de externa kostnader som bärs av kunderna till andra operatörer och som orsakas av

spårbrist. Operatörens önskade frekvens F medför också externa effekter beträffande andra operatörers vinst, $\bar{\pi}(F)$.

Den totala välfärden ges av:

$$W(F) = S(X, F, p) + \pi(p, F, t) + tF - E(F) - \bar{D}(F) + \bar{\pi}(F) \tag{9}$$

Märk här att $T(F, \bar{F})$ $T[F]$ ingår i $S(X, F, p)$.

Maximal välfärd beräknas genom:

$$0 = W'(F) = S_X(X, F, p)\frac{\partial X}{\partial F} + S_F(X, F, p) + \pi_F(p, F, t) + t - E'(F) - \bar{D}'(F) + \bar{\pi}'(F)$$

Som vi ser av (2) är $S_X = 0$, så

$$0 = W'(F) = S_F(X, F, p) + \pi_F(p, F, t) + t - E'(F) - D'(F) + \bar{\pi}'(F)$$

$$= \frac{v}{F^2}X + \pi_F(p, F, t) + t - E'(F) - D'(F) + \bar{\pi}'(F) \tag{10}$$

I (10) har vi slagit ihop förseningskostnader för alla kunder med alla operatörer till en term,
$D'(F)$.

Operatören väljer F så att $\pi'_F(p, F, t) = 0,$ så för att F enligt välfärdsmaximering ska vara lika med F enligt vinstmaximering, måste t vara:

$$t = -\frac{v}{F^2}X + E'(F) + D'(F) - \bar{\pi}'(F) \tag{11}$$

Detta är således den optimala avgiften, givet att operatören bestämmer sin optimal (önskade) frekvens.

Märk att ekvation (11) bara ger optimal frekvens implicit eftersom den frekvens som operatören önskar beror på avgiften t: $F = F(t)$.
I situationer där det inte råder knapp kapacitet är optimal avgift:

$$t = E'(F) - \frac{v}{F^2}X$$

Där det inte råder knapp kapacitet understiger den optimala avgiften de externa kostnader som förorsakas av framdriften av tåget, $E'(F)$. Skälet är att Xv / F^2 representerar en *positiv* extern (Mohring) effekt (se Mohring (1972)), en extern nytta som operatören inte beaktar,
d v s nyttan av den lägre väntetidskostnad som frekvenshöjning innebär.

Där det råder knapp kapacitet visar ekvation (11) att den optimala avgiften dessutom ökar med förseningskostnader för alla kunder, $D'(F)$.

Det uppstår också en vinst för andra operatörer som kan beskrivas mer i detalj genom att analysera vinstfunktionen för operatör j:

$$\pi_j(p_j, F, \bar{F}, t_j) = p_j X_j(G_j) - C(F_j, X_j) - t_j F_j$$

$$= p_j\left(a_j - b_j\left(\frac{v_j}{F_j} + T_j(F, \bar{F}) + p_j\right)\right) - C(F_j, X_j) - t_j F_j$$

Den marginella vinsten för andra operatörer är:

$$\pi'_j[F] = p_j\frac{\partial X_j}{\partial G_j}\frac{\partial G_j}{\partial F} = -p_j b_j T'_j[F]$$

Den optimala avgiften kan då uttryckas som:

$$t = -\frac{v}{F^2} X + E'(F) + D'(F) + \sum_j p_j b_j T_j'(F)$$

Vi använder nu elasticiteten med avseende på generaliserad kostnad för operatör *j* genom att använda:

$$\varepsilon_{G_j} = \frac{\partial X_j}{\partial G_j} \frac{G_j}{X_j} = -b_j \frac{G_j}{X_j} \text{ d v s } b_j = -\frac{\varepsilon_{G_j} X_j}{G_j}$$

Den optimala avgiften kan då uttryckas som:

$$t = -\frac{v}{F^2} X + E'(F) + D'(F) + \sum_j |\varepsilon_{p_j}| X_j T_j'(F) \qquad (11')$$

Vi kan nu se att den optimala avgiften ökar med den marginella förlusten för andra operatörer, vilka är större

- ju större efterfrågan de har,
- ju högre priselasticiteten är,
- ju högre värdering av förseningar som deras kunder har.

Vi gör nu en noggrannare analys av operatörens val av önskad frekvens. Ekvation (8) ger:

$$(p - C_X)\frac{\partial X}{\partial F} - C_F(X, F, t) = 0$$

Eftersom C_F är positivt, får vi:

$$\left(p - C_X\right)\frac{\partial X}{\partial F} > 0,$$

Och eftersom konsumentpriset överstiger marginalkostnaden, $p - C_X > 0$, vet vi att $\frac{\partial X}{\partial F} > 0$. Men

$$0 < \frac{\partial X}{\partial F} = X'(G)\frac{\partial G}{\partial F} = b\left(\frac{v}{F^2} - T_F\left(F, \bar{F}\right)\right)$$

vilket betyder att $\frac{\partial S}{\partial F} = \left(\frac{v}{F^2} - T_F\left(F, \bar{F}\right)\right) > 0$. Detta visar att operatörens egna kunder sätter ett högre värde på vad marginell frekvensökning medför i form av minskad väntetid jämfört vad den medför i form av ökade förseningar.

3 Effektiva finansierande avgifter

Här analyseras situationen att regeringen kräver större intäkter än vad som kan motiveras av välfärdsmaximering. Kostnadsfunktionen för operatören är:

$$C(X,F,t) = c_0 + (c+t)F,$$

Det vill säga att den marginella kostnaden av en tillkommande kund är noll, och att kostnaden är en linjär funktion av F. Operatören antas inte ta hänsyn till förseningskostnaderna för dess egna kunder, eftersom utfallet av tilldelningen av knapp bankapacitet är okänd när operatören bestämmer sin optimala (önskade) frekvens, dvs. före tilldelningen.

Derivering av vinstfunktionen (8) ger:

$$F = \sqrt{\frac{pbv}{c+t}} = \sqrt{\frac{X \mid \varepsilon_p \mid v}{c+t}} \tag{12}$$

där $\left|\varepsilon_p\right|$ är absolutbeloppet av efterfrågeelasticitet med avseende på priset. Den marginella förändringen av operatörens val av frekvens F på grund av marginell ökning av avgiften ges av derivatan:

$$\frac{dF}{dt} = -\frac{1}{2}\frac{\sqrt{pbv}}{(c+t)^{3/2}} = -\frac{F}{2c+2t} \tag{13}$$

Nu tittar vi på effekten av att intäkterna ökar med dr. Eftersom intäkten är Ft har vi att

$$dr = F\,dt + t\,dF = F\,dt - \frac{1}{2}\frac{tF}{(c+t)}dt = \frac{2c+t}{2c+2t}F\,dt$$

Det betyder att

$$F\,dt = \frac{2c+2t}{2c+t}dr = \left(1 + \frac{t}{2c+t}\right)dr \tag{14}$$

Vi noterar att avgiften måste nöjas något än vad som vore fallet om frekvensen hölls konstant. Men som framgår av (13) sjunker frekvensen näravgiften höjs. Genom att kombinera (13) och (14) erhålls:

$$\frac{dF}{dr} = -\frac{1}{2c+t} \tag{15}$$

För att göra detta ännu tydligare kan vi också beräkna effekten på operatörens vinst av den tillkommande dr:

$$d\pi = \pi_F \frac{\partial F}{\partial t}dt + \pi_t dt = -F dt = -\left(1 + \frac{t}{2c+t}\right)dr \tag{16}$$

Detta visar att operatören förlorar litet mer än vad regeringen får in! Detta beror på incitamentsstrukturen: avgift per avgång, inte en fast avgift per år exempelvis. Operatören har incitament att sänka frekvensen, vilket innebär en förlust för operatören. Mer precist: regeringen vet eller förutser att det är optimalt för operatören att minska antalet avgångar, och kompenserar sig för detta genom att höja avgiften litet mer än vad som hade krävts vid bibehållen frekvens. Detta betyder också att samhället får en liten extra nytta genom mindre externa effekter av tågets framförande.

Nu analyserar vi välfärdseffekten av avgiftshöjning dt och intäktsökning dr. Vi använder ekvationerna (10) och (13) och deriverar med avseende på t och erhåller:

$$dW = \frac{\partial W}{\partial F}\frac{\partial F}{\partial t}dt = \left(-t - \frac{v}{F^2}X + E'(F) + T_*'(F) - \bar{\pi}'(F)\right)\frac{F}{2(c+t)}dt$$

Från (14) vet vi att:

$$F\,dt = \frac{2(c+t)}{(2c+t)}dr = \left(1+\frac{t}{2c+t}\right)dr$$

Genom att substituera in dr från detta uttryck erhålles:

$$\frac{dW}{dr} = \left(-\frac{v}{F^2}X - t + E'(F) + D'(F) - \bar{\pi}'(F)\right)\frac{1}{2c+t} \qquad (17)$$

- Den första termen i parentesen i (17) beror på att operatörens kunder förlorar i form av lägre frekvens,
- I kombination med uttrycket utanför parentesen ser vi att den andra termen beror på att operatören förlorar något mer än regeringens intäktsökning.,
- Den tredje termen står för samhällsnyttan av lägre kostnader för slitage, underhåll, emissioner, buller etc.,
- Den fjärde termen visar vad kunderna skulle vinna i form av minskade förseningar,
- Den sista termen visar tillkommande vinster för andra operatörer.

Återigen används specifikationen av andra operatörers vinstfunktion för att formulera om (17).

$$\frac{dW}{dr} = \left(-\frac{v}{F^2}X - t + E'(F) + D'(F) + \sum_j |\varepsilon_{p_j}|\,X_j T_j'(F)\right)\frac{1}{2c+t} \qquad (17')$$

I situationer där avgiften är lika med eller överstiger den optimala avgiften visar (17') att en finansierande avgift påverkar välfärden minst om den införs för segment där:

- dess kunder har låg värdering av väntetid och förseningar,
- framdriften av dess tåg har stora externa kostnader i form av of slitage, underhåll, emissioner, buller etc. och i form av förseningar för kunderna,
- driftkostnaden c är hög,
- andra segment får högre vinst, vilka är större
  - ju större deras efterfrågan är,
  - ju större deras elasticitet med avseende på pris är,
  - ju högre deras kunder värderar förseningar,

Självfallet har man i praktiken inte nödvändigtvis tillgång till alla de parametrar som skulle krävas för en fullständig tillämpning av principerna för effektiva avgifter.

Vidare, för praktiska tillämpningar skulle man egentligen inte bara se på marginella avgifts- och intäktshöjningar, som vi har gjort här, utan på större höjningar för att söka den effektiva höjningen för respektive segment som konkurrerar om knapp kapacitet, d v s så kallad Ramsey-prissättning. En sådan övning är i princip enkel men skulle vara än mer krävande vad gäller parametrar för olika segments efterfrågefunktioner.

3.1 Prisökningar?

Hittills har vi antagit att konsumentpriserna hålls konstanta. Det finns inget uppenbart sätt att veta hur olika operatörer skulle bestämma konsumentpriserna, men ett riligt antagande kan vara att en marginell avgift dt leder till en sådan prishöjning dp som

kompenserar för intäktsförlusten. Intäktsförlusten förs over på konsumenterna. Detta betyder att

$$X\,dp = F\,dt$$

Vi undersöker hur detta påverkar operatörens val av frekvens. Från (12) har vi att

$$dF = \frac{F}{2p}dp - \frac{1}{2}\frac{F}{c+t}dt = \left(\frac{F^2}{2pX} - \frac{1}{2}\frac{F}{c+t}\right)dt \tag{18}$$

Eftersom operatörens vinst är $pX - c_0 - (c+t)F \geq 0$, följer att uttrycket i parentesen i (18) är negativt. Banavgifter innebär även i detta fall reducerad frekvens, vilket betyder en tillkommande förlust för kunderna.
Ett annat antagande är att priserna är lika med monopolpriser, Detta betyder med vår specifikation att

$$p = \frac{a}{2b} - \frac{1}{2}\left(\frac{v}{F} + T(F,\bar{F})\right)$$

I detta fall ser vi att p inte är direkt beroende av t, bara indirekt eftersom t är beroende av F. Vi får att

$$dp = \frac{1}{2}\left(\frac{v}{F^2} - T_F\left(F,\bar{F}\right)\right)dF$$

där vi vet att parentesen är negativ. Detta betyder att om frekvensen går ned på grund av en avgiftshöjning, kommer priset att *gå ned*! Även i detta fall går således frekvensen ned, men vilket kan visas, inte lika mycket som i fallet med full kompensation.

Dessa exempel visar att det inte finns något självklart sätt att modellera hur priserna kommer att påverkas av banavgiftshöjningar eftersom det är i stort sett omöjligt att förutse hur operatörerna kommer att agera.

4 Ett räkneexempel för effektiva avgfiter

Detta avsnitt innehåller ett räkneexempel med siffror för pendeltåg och X2000 som syftar till att ge en känsla för vilken betydelse resultaten av analysen kan ha i praktiken.

Utgångspunkten för exemplet är ekvation (11b). Syftet är att uppskatta storleken av den optimala avgiften t per avgång, givet att de externa kostnaderna $E(F)$ antas vara kända. Vi tillämpar tämligen realistiska parametrar beträffande genomsnittlig reslängd och genomsnittligt pris för respektive pendeltåg och X2000, där dessa delar spår på någon sträcka.

För att kunna särskilja förseningskostnader för de två segmenten pendeltågsresenärer och resenärer med X2000 beaktas olika värderingar av förseningskostnader delas $D'(F)$ upp i två delar. Segmenten betecknas med C för pendeltåg och med S för X2000. De optimala avgifterna är då:

$$t_C = -\frac{v_C}{F_C^2} X_C + X_C T_C'(F_C) + X_S T_S'(F_C) + E'(F_C) + \left|\varepsilon_{p_S}\right| X_S T_S'(F_C) \tag{19a}$$

$$t_S = -\frac{v_S}{F_S^2} X_S + X_S T_S'(F_S) + X_C T_C'(F_S) + E'(F_S) + \left|\varepsilon_{p_C}\right| X_C T_C'(F_S) \tag{19b}$$

Utgångspunkten är att marginalkostnaderna $E'(F)$ har uppskattats av Trafikverket. Dessa marginalkostnader begränsas till att omfatta externa kostnader för förslitning, underhåll, emissioner etc. Men dessa ska ökas från nuvarande de sanna kostnaderna. Vi betecknar dessa begränsad MC-baserad marginalkostnad. Som nämnts tar Trafikverket inte hänsyn till de externa kostnader som inträder vid knapp spårkapacitet. Avgifterna för $E'(F)$ kan hur som helst antas täcka regeringens intäktskrav enligt Trafikverket.

Syftet är att uppskatta de avgiftsförändringar och de påföljande förändringar av konsumentpriser som hänsyn till de externa effekterna skulle medföra, dvs. effekter av alla

termer förutom $E'(F)$. Vi antar att operatörerna kompenserar sig full tut för avgiftsökningarna genom att höja konsumentpriserna. Vi bortser således från de möjliga marginella frekvensminskningarna som diskuterades i avsnitt 3.3.

Referenspunkten är de marginalkostnader som har uppskattats av Trafikverket uttryckta i marginalkostnader per kilometer och per resa. Detta betyder i exemplet att vi dividerar uttrycken (19a) och (19b) med antal resenärer, X, och i sin tur också med genomsnittlig reslängd för de två segmenten.

De officiella värderingarna enligt ASEK 4 har använts för turintervall, v, och för förseningstid, $T'(F)$, för resenärer med de två typerna av tåg.

Grundantaganden ges i tabell 1 nedan.

Tabell 1 Grundantaganden

Slag av Tåg	Frekvens som antal avgångar per timme	Värdering av turintervall per timme kronor v v	Antal resor per timme X_S X_C	Värdering av försening Kr/timme	Genom-snittligt antal kilometer per resa	Pris-elasticitet $\lvert\varepsilon_{p_C}\rvert$ $\lvert\varepsilon_{p_S}\rvert$	Nuvarande genom-snittligt pris per resa kronor
Pendeltåg	6	90	3 000	100	20	0,3	20
X2000	2	100	500	375	300	0,9	800

Dessa grundantaganden betyder effekterna för prisökningar i den nuvarande situationen med Trafikverkets begränsade marginalkostnadsprissättning ser ut på följande sätt.

Tabell 2 Nuvarande situation

Slag av tåg	Begränsade marginal-kostnads-baserade banavgifter per km $\frac{E'(F_C)}{X_C\,pkm}$ $\frac{E'(F_S)}{X_S\,pkm}$	Begränsade marginal-kostnads-baserade banavgifter per resa $\frac{E'(F_C)}{X_C}$ $\frac{E'(F_S)}{X_S}$	Prisförändringar i % per resa med dagens begränsade marginal-kostnads-baserade banavgifter
Pendeltåg	0,070	1,40	7,0
X2000	0,050	15,00	1,9

Med den begränsade marginalkostnadsprissättningen enligt Trafikverket skulle således priserna höjas för pendeltågsresenärer med 7 procent och för resenärer på X2000 med 2 procent.

Nedan beräknas hur priserna skulle förändras om hänsyn tas till alla externa effekter. Antagandena om värderingar av turintervall och förseningar är givna. Den kritiska parametern gäller antagandet om hur mycket förseningen påverkas av ytterligare en tågavgång. Vi antar att denna försening kan vara antingen 0 minuter eller 1/2 minut

eller 2/3 minut eller 1 minut eller 2 minuter. Vi antar för enkelhets skull att förseningen som funktion av antal avgångar är linjär, medan den i verkligheten antagligen är exponentiell, men ännu okänd. Tabellen nedan visar resultaten.

Tabell 3 Prishöjningar med reviderade banavgifter

Typ av tåg	Prisförändringar i % per resa med dagens begränsade marginal-kostnads-baserade banavgifter	Prisförändringar i % per resa med reviderade banavgifter för olika antaganden om förseningar i minuter				
		0 min	1/2 min	2/3 min	1 min	2 min
Pendeltåg	7,0	-5,5	2,1	4,6	9,6	24,7
X2000	1,9	-3,1	-1,5	-1,0	0,0	5,1

Tre huvudslutsatser från räkneexemplet kan dras av att banavgifterna revideras för att ta hänsyn de ignorerade externa effekterna.

- Utfallet av att ta hänsyn till alla externa effekter synes vara stor.
- Effekten på priserna av reviderade banavgifter beräknas vara större för pendeltåg än för X2000. Det kan därför förmodas vara en känslig politisk fråga vad gäller fördelningen av prishöjningar för pendeltågsresenärer gentemot resenärer med X2000 om också de tillkommande externa effekterna beaktas.
- Effekterna är starkt beroende av den försening som en tillkommande tågavgång förorsakar. Med inga eller mycket små förseningseffekter skulle både avgifter och priser gå ned eftersom Mohringeffekten är större än förseningseffekten.

5 Slutsatser

Vi har modellmässigt härlett effektiva marginalkostnadsbaserade och finansierande avgifter.

Effekter av avgifter och avgifter över marginalkostnader påverkar såväl operatörerna som dessas kunder direkt, men också indirekt via externa effekter på andra operatörer och dessas kunder. En viktig slutsats är därmed att det inte räcker med att beakta operatörernas egna intressen när man ska överväga principer för avgiftssättning. Om man dessutom skulle ta hänsyn till att operatörerna kan tänkas modifiera sina priser mot kunderna när avgifter höjs, uppträder ytterligare externa effekter gentemot kunder och operatörer.

Beträffande finansierande avgifter som överstiger samhälleliga marginalkostnader har vi funnit att dessa, för att minimera välfärdsförlusten, ska höjas mer för segment som förorsakar stora negativa externa kostnader för tågets framförande och vilkas kunder har låg värdering av väntetid och förseningar. De ska också höjas mer där andra segment har hög efterfrågan, hög priselasticitet och hög värdering av förseningar.

Observera att de resultat som följer av modellen baseras på teoretisk analys. Praktisk tillämpbarhet kan variera med tillgänglighet till kvantitativa parametrar, och kan självfallet vara beroende av politisk acceptans från fördelningssynpunkt.

Inte minst svårt från fördelningssynpunkt kan exempelvis vara att segment där kunderna har låg värdering av väntetid och förseningar ska erhålla stora avgiftshöjningar, om dessa avgifter ger andra segment högre vinster och vars kunder har högre värdering av förseningar.

Strikt effektivitetsbaserade avgifter skulle exempelvis kunna betyda att pendeltåg med övervägande pendelresenärer skulle erhålla högre avgifter och därmed större prishöjningar än snabba intercitytåg med stor andel tjänsteresenärer. Effektiv tilldelning och fördelningsaspekter beror också på karakteristika hos tågtyper i olika segment, något som modellen här i princip kan innehålla men som vi inte har modellerat explicit.

Referenser

DIRECTIVE 2012/34/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL
of 21 November 2012 establishing a single European railway area (recast).

Mohring, H. (1972). Optimization and scale economics in urban bus transportation. The American Economic Review.

Nelldal och Wajsman (2009). Effekter av differentierade banavgifter – Scenarier för kapacitetsavgifter. Uppdragsrapport, Stockholm, KTH.

Trafikverket (2011) Höjda banavgifter och deras effekter i ett trafikslagsövergripande perspektiv. Rapport 2011:080.

Trafikverket (2012a). Järnvägsnätsbeskrivning 2012 del 1, bilaga 4.2 – Prioriteringskriterier Reviderad 2012-04-02

Trafikverket (2012b), Banavgifter för ökad kund- och samhällsnytta, Delredovisning 2012-04-07.

STEG 2 ÅTGÄRDER FÖR ÖKAD BANKAPACITET

Kjell Jansson
Trafikanalys
Sveavägen 90, 113 59 STOCKHOLM Sverige
E-post: kjell.jansson@trafa.se

Sammanfattning

Det finns flera sätt att försöka minska kapacitetsproblemen i det svenska järnvägsnätet.

Här redovisas fyra fallstudier om tänkta så kallade steg-2 åtgärder för att öka kapaciteten i järnvägssystemet. Syftet är att uppskatta de samhällsekonomiska effekterna *förutom* de positiva effekterna av minskade föreningar i sig. Fallstudierna tyder på att det knappast är sannolikt att neddragning av tågtrafiken Stockholm-Göteborg och Stockholm-Malmö och ersätta denna utbudsminskning med flyg skulle vara samhällsekonomiskt lönsamt, främst beroende på SJ: s stora förluster.

Däremot kan reduktion av pendeltågstrafik och komplettera denna utbudsminskning med busstrafik vara samhällsekonomiskt lönsamt. Skälet är att busstrafik ger ett tillkommande alternativ samt att vissa resenärer slipper byten.

1 Inledning

Trafikverket (2012a), sidorna 12-13: ”Trafikverket kommer att samråda med Trafikanalys om lämpliga metoder för att fortlöpande bedöma effekterna av de förslag som verket lämnar. Ett av dessa förslag handlar om utjämnade hastigheter för olika tåg till och från de större städerna (se avsnitt 6.4.1). En förstudie som Trafikverket genomför visar att en sådan åtgärd sannolikt är kapacitetshöjande och samhällsekonomiskt motiverad.

Trafikanalys genomför i början av 2012 fallstudier kring trafikupplägg med utjämnade hastigheter. Det handlar om att, med hjälp av datorsimuleringar, bland annat analysera och utvärdera minskat antal uppehåll, så kallad skip-stop-trafik, för pendeltågen i storstadsområdena och Östergötland. Pendeltågstrafiken kan då kompletteras med andra tåglinjer.”

Trafikanalys har under 2012 genomfört datorsimuleringar för utjämnade hastigheter bland annat genom skip-stop-trafik i en fallstudie. Trafikanalys har också genomfört datorsimuleringar i ytterligare tre fallstudier som syftar till att försöka belysa de samhällekonomiska konsekvenserna av andra åtgärder för att öka kapaciteten i järnvägsnätet.

Att ökad kapacitet i järnvägsnätet bör minska förseningarna är en självklarhet. Tyvärr finns i Sverige ännu inga metoder för att uppskatta sambandet mellan kapacitet och förseningar. I Storbritannien har man dock försökt att finna dessa samband med hjälp av regressionsanalyser. Här är i stället syftet att genom fyra fallstudier uppskatta de samhällsekonomiska effekterna *förutom* värdet av minskade förseningar.

Fallstudie 1

Denna innebär indragning av en av fyra pendeltågsavgångar per högtrafiktimme mellan Södertälje och Stockholm, kompletterat med en antagen ny busslinje från Södertälje till Fridhemsplan som ger samma sittplatsutbud.

Fallstudie 2[2]

Denna innebär indragning av tågen mellan Linköping och Norrköping, som kompenseras med en ny busslinje som ger samma sittplatsutbud.

Fallstudie 3

Denna innebär indragning av tågavgångar under högtrafik på sträckorna Stockholm – Göteborg och Stockholm – Malmö. Detta kompenseras med ökad insats av flyg Arlanda – Landvetter och Arlanda – Sturup, på så sätt att sittplatsutbudet bibehålls ograverat mellan storstäderna. Tågutbudet minskar naturligtvis också på mellanliggande järnvägsstationer.

Fallstudie 4

Denna innebär skip-stop trafik för pendeltåg Allingsås – Göteborg och Norrköping – Mjölby samt vissa anpassningar av hastigheten för X 2000 till regionaltågens hastighet.

Avsnitt 2 innehåller gemensamma förutsättningar. Avsnitten 3-6 behandlar respektive fallstudie. Avsnitt 7 innehåller sammanfattande slutsatser.

Observera att Trafikanalys här inte rekommenderar något beträffande åtgärder för ökad bankapacitet; rapporten ska betraktas som ett diskussionsunderlag. Det finns naturligtvis som alltid osäkerheter i beräkningarna, men fler fallstudier av det slag som gjorts här skulle kunna belysa olika möjligheter att begränsa problemen med trängsel på spåren.

2 Gemensamma förutsättningar

Eftersom studien gäller åtgärder för att mildra kapacitetsproblem beaktar vi i alla fallstudierna endast tidsperioderna 06-09 och 15-18 under vardagar. Tidsvärderingar hämtas från ASEK 4, se Sika PM (2008) och budgeteffekter från ASEK 5, se Trafikverket (2012b). Att tidsvärdringar har hämtats från ASEK 4 och inte ASEK 5 beror på att beräkningarna genomfördes innan ASEK 5 fastställdes, men detta har marginell betydelse och påverkar inte slutsatserna. Dagens trafikering kallas jämförelsealternativ (JA) och den alternativa trafikeringen utredningsalternativ (UA).

Simuleringarna görs med modellen Vips[3]. Modellen använder information om linjenät, linjernas priser, kostnader, turintervall och åktider enligt tidtabeller. Resenärerna antas minimera den generaliserade reskostnaden, det vill säga restidskomponenter plus resans pris, uttryckt i samma enhet med hjälp av tidsvärden. Modellen inkluderar samtliga färdmedel för långväga trafik. För regional trafik beaktas bilresor med elasticitetsmodell. Modellen tar med alla kombinationer av kollektiva linjer och färdmedel för resor från start till mål ger därmed en helhetsbild ur ett trafikslagsövergripande perspektiv. Fallstudierna 2,3 och 4 beaktar efterfrågeförändringar mellan kollektivtrafik och bil och därmed förändring av externa effekter. I fallstudie 1 beaktas inte efterfrågeförändringar mellan kollektivtrafik och bil,

[2] Fallstudie 2 bygger till stor del på ett KTH-projekt 2011 av Kjell Jansson och Karl Kottenhoff, ”Kollektivtrafik i starka korridorer - buss, spår eller parallell trafikering?”

[3] Programmet Vips har köpts av det tyska företaget PTV AG och överfört algoritmerna till dess program Visum. Detta betyder att Vips och Visum ger samma resultat.

en förenkling som inte har stor betydelse eftersom det bara är en busslinje som tillförs när några tågavgångar antas borttagna. En mer teknisk beskrivning av Vips och Visums algoritmer ges i bilaga 1.

3 Fallstudie 1 - Minskad pendeltågstrafik Södertälje – Stockholm, kompletterat med busstrafik

3.1 Förutsättningar

Resmängder i form av resmatriser har hämtats från SL, fördelade på kort- respektive kupongresor.

Scenariot är att SL drar in en av fyra pendeltågsavgångar per timme så att turintervallet mellan Södertälje och Stockholm blir 20 i stället för 15 minuter.

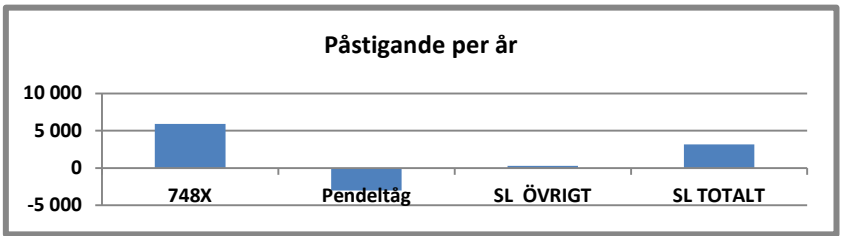
Därför kompletteras nätet med en ny linje Södertälje till Fridhemsplan. Den är anpassad så att den ges ett turintervall som ger lika många sittplatser per timme som den indragna pendeltågslinjen innehöll. Detta kräver att den nya linjen som här kallas 748X ges ett turintervall på i genomsnitt 6 minuter.

Förutsättningarna för fallstudien är kanske inte helt realistiska eftersom att dra in tågavgångar enbart mellan Stockholm och Södertälje kan försvåra en fungerande tågplan för pendeltågstrafiken i Stockholms län. För större realism borde också fler pendeltågslinjer glesas ut och kompletteras med busstrafik. Även med ett sådant större grepp bedöms slutsatserna stå sig.

3.2 Resultat - Belastningar och efterfrågan

Antal kortresenärer beräknas öka med 8 procent och antal kupongresenärer med 2 procent.

Diagrammet nedan visar att den nya busslinjen beräknas få fler påstigande än vad pendeltågslinjerna tappar.



Figur 1 Förändring av antal påstigande

3.3 Resultat - Intäkter och kostnader

Kostnaderna är större än intäkterna för den nya linjen 748X (-22 Mkr), men kostnadsminskningarna för pendeltågen (19 Mkr) begränsar förlusten. Sammantaget beräknas därmed den finansiella förlusten till omkring 3 Mkr per år.

3.4 Resultat - Resenärernas nytta - totalt

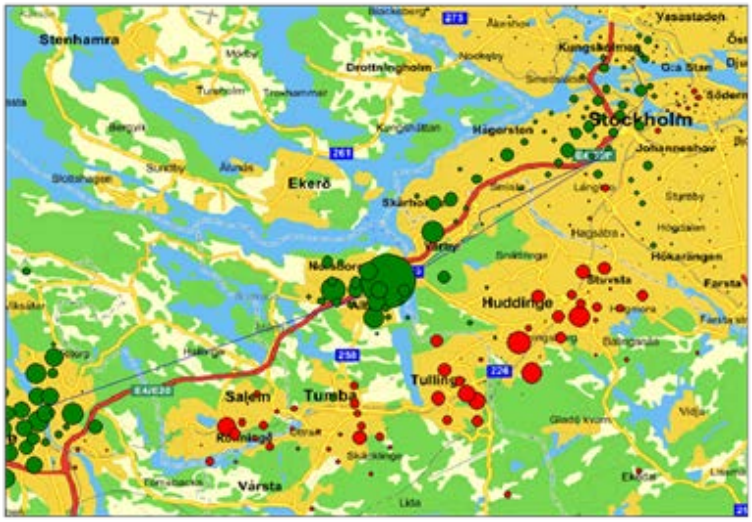
Tabellen nedan visar förändringar av resenärernas nytta, som nästan helt består av tidsvinster.

Tabell 1 Förändring av resenärernas nytta

RESENÄRERNAS STANDARD, MKR	DIFFERENS STANDARD		
	KUPONGER	KORT	SUMMA
Nyttoförändring, mkr	1,3	17,3	18,6
varav taxa, mkr	*0,1*	*-0,1*	*0,1*
varav tid, mkr	*1,2*	*17,4*	*18,5*

3.5 Resultat - Resenärernas nytta - geografisk fördelning

Vilka områden på finare nivå (centroider) som vinner och hur mycket anges nedan i kartform. Cirklarnas area är proportionella mot vinsten (grönt) respektive förlusten (rött) per resenär, uttryckt i generaliserad kostnad, multiplicerat med antal resenärer. Kartan gäller den majoritet som reser på periodkort. Det framgår att de flesta områden får ökad standard. Vissa områden i anslutning till pendeltågssträckningen får försämrad standard.



Figur 2 Geografisk fördelning av vinster och förluster

3.6 Resultat – Samhällsekonomi

Figur 3 Det samhällekonomiska utfallet och dess komponenter

3.7 Slutsatser

Resenärernas nytta överstiger vida den finansiella förlusten, varför introduktion av ny busslinje i kombination med indragning av en pendeltågsavgång per timme bedöms vara samhällsekonomiskt lönsamt.

4 Fallstudie 2 - Ersättning av pendeltågstrafik Norrköping – Linköping med busstrafik

4.1 Förutsättningar

Mellan Norrköping och Linköping finns idag ett relativt omfattande utbud av kollektivtrafik.

Utöver fjärrtågen kör Östgötatrafiken regional trafik med ”pendeltåg” och direktbussar. Tågen ger bastrafik större delen av dygnet hela veckan, medan bussarna ger tilläggstrafik vissa tider med särskild inriktning mot arbetspendlare.

Tågen avgår var 20:e minut under vardagar. Fyra direktbusslinjer körs under vardagar mellan Norrköping och Linköping. Scenariot (UA) innebär att tågen mellan Linköping och Norrköping tas bort. Samtidigt införs en ny busslinje mellan Linköping och Norrköping med turintervall 12 minuter, som då ger samma antal sittplatser som de borttagna tågavgångarna.

4.2 Resultat - Efterfrågan

Den nya busslinjen beräknas bli helt dominerande och får fler påstigande och passagerarkilometer än de tågavgångar som antas borttagna.

4.3 Resenärernas standard – totalt

Tabellen nedan visar för JA och UA och för differensen mellan dem olika restidskomponenter och pris, för *enbart kollektivtrafiktrafikanter*. Den generaliserade kostnaden för kollektivtrafikanterna minskar med ungefär 14 procent. Den generaliserade kostnaden för bil- och kollektivtrafikanter sammantagna beräknas minska med ungefär 8 procent. Kollektivandelen beräknas öka från 43 till 63 procent.

Tabell 2 Förändring av restidskomponenter och pris

	Hastighet km/tim	Avstånd km	Åktid min	Väntetid min	Gångtid min	Bytestid min	Andel direkt-resor	Pris kr	Gen kost min	Gen kost kr
JA	49,86	41,59	50,04	7,39	21,27	10,58	9,6	18,88	156,25	132,81
UA	38,91	37,98	58,57	5,60	12,28	6,07	20,6	16,40	137,14	116,56
UA-JA	-10,95	-3,60	8,52	-1,79	-8,99	-4,51	11,0	-2,48	-19,12	-16,25

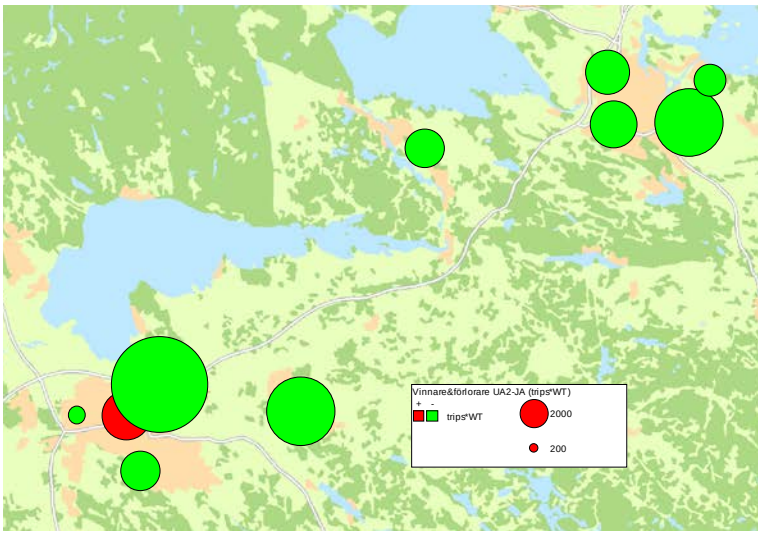
Tabell 3 Förändringar av trafikantnytta för kollektivtrafikanter och bilister.

	UA-JA Differens
Generaliserad kostnad, kr per resa	-6,91
varav taxa	-6,21
varav tid	-0,70
Generaliserad. kostnad, % per resa	-7,49
Trafikantnytta, mkr per år	45 385
varav taxa	40 789
varav tid	4 596

Resenärerna vinner både i form av tid och av pris. Vinsten i form av pris beror på att en del bilister väljer det billigare alternativet kollektivtrafik när dess standard har ökat genom den tillkommande busstrafiken.

4.4 Resenärernas standard – geografisk fördelning

Kartan nedan visar förändringarna geografiskt i generaliserad kostnad, multiplicerade med antal resenärer. Röda ringar markerar försämringar och gröna förbättringar. Som framgår vinner all områden utom Linköping centrum i detta scenario.



Figur 4 Geografisk fördelning av vinster och förluster

4.5 Resultat - Samhällsekonomi

Tabell 4 Det samhällekonomiska utfallet och dess komponenter

UA-JA	Tusental kr/år
Trafikantnytta	45 385
varav taxa	*40 789*
varav restid	*4 596*
Finanser kolltrafik	-3 819
varav kostnader	*-16 595*
varav intäkter	*12 776*
Externa effekter buss	-2 764
Externa effekter tåg	353
Externa effekter bil	24 230
Externa effekter summa	21 819
Skatt buss	1 643
Skatt tåg	-1080
Skatt bil	-22 190
Skatt summa	-21 627
Off. sektorns finanser totalt	-25 446
Summa samhällsekonomi	41 758

4.6 Slutsatser

Nyttan för trafikanterna av att ersätta tågen med en ny buslinje beräknas vara stor. Ett skäl till detta är det korta turintervallet på denna nya busslinje, 12 minuter. Ett annat är att mer än dubbelt så många som i dag får direktresor och slipper byta.

Externa kostnader minskar (positivt tecken), främst beroende att dessa minskar mer för bil än de ökar för buss. Statens intäkter från avgifter och skatter minskar, främst beroende på bortfall av bilbeskattning. Den offentliga sektorns finanser försämras.

Trafikantnyttan är så stor att den gott och väl överväger den finansiella förlusten varför ersättning av tågen med en tillkommande busslinje framstår som samhällsekonomiskt lönsamt.

5 Fallstudie 3 - ersätta vissa tåg med flyg

5.1 Förutsättningar

Mellan Stockholm och Göteborg antas att 3 tågavgångar med X2000 dras in under högtrafik, dvs. en avgång per timme, och mellan Stockholm och Malmö en tågavgång under högtrafik.

Dessa antagna neddragningar av tågtrafiken antas bli kompenserade med följande utökning av flygtrafiken så att lika många sittplatser erbjuds.

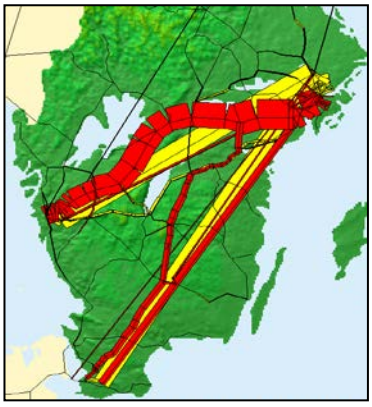
SAS ökar utbudet Arlanda – Landvetter från 2 till 4 under högtrafik.

SAS ökar utbudet Arlanda - Sturup från 1 till 2 under högtrafik. Dessutom antas flygplanstypen förändras från DC9 med 112 platser till MD82 med 156 platser.

Resmängder har hämtats från Sampers.

5.2 Resultat - Belastningar och efterfrågan

Nedan visas belastningsökningar i gult (ljust) och belastningsminskningar i rött (mörkt).



Naturligtvis är det flyg som ökar (raka linjer) på tågens bekostnad. Det finns också flyglinjer som får minskat antal resenärer, beroende på att vi har antagit att det enbart är SAS som ökar utbudet, vilket gör att Malmö Aviation och Norwegian tappar resenärer. Vi ser också en liten ökning för busslinje mellan Stockholm och Göteborg, vilken attraherar en del privatresenärer men inga tjänsteresenärer när X2000 avgångar försvinner.

Figur 5 Beräknade belastningsförändringar

5.3 Resultat - Finanser

De privata transportföretag som beaktas här är flygbolag och expressbussföretag. Flygbolagen beräknas öka vinsterna med 77 Mkr per år och de privata bussbolagen med 13 Mkr per år.

För flyg beräknas SAS gå med vinst av förändringen medan Malmö Aviation och Norwegian skulle förlora. Detta beror på att vi för enkelhets skull har antagit att det ökade flygutbudet enbart gäller SAS. Om vi hade fördelat utbudsökningen skulle alla flygbolagen ha ökat sina vinster.

De offentliga finanserna påverkas av moms från privata transportföretag, från offentliga transportföretag, från avgifter och skatter från tåg, flyg och bil. Sammantaget erhålls följande resultat för den offentliga sektorns finanser.

Tabell 5 Den offentliga sektorns finanser sammantaget

Summa offentliga sektorns finanser	
Trafikering	***UA-JA*** *ASEK 5*
Privat kolltrafik	*4*
Offentlig kolltrafik	*-137*
Skatter/avgifter	
Tåg	*-9*
Flyg	37
Bil	12
Nettointäkter	-94

5.4 Resultat - Resenärernas nytta - totalt

Tabellen nedan visar förändringar av resenärernas standard per resa i genomsnitt för de olika kategorierna av resenärer, i termer av generaliserad kostnad (viktad restid och pris båda uttryckta i kronor), också fördelat på tid och pris. Dessutom anges nyttoförändring, vilken står för den sammanlagda förändringen för samtliga resenärer, uttryckt i miljoner kr per år. För tjänsteresenärer anges två olika värden för nyttoförändring, dels den som bygger på beteendevärdet för åktid, 450 kr/timme dels den som bygger på värdet enligt ASEK, 275 kr/timme. Det är enbart värdet för tid som skiljer dem åt. Det är tidsförändringen som är mindre värd med tillämpning av tidsvärden enligt ASEK 4, medan förändringen i form av pris givetvis är densamma.

Tabell 6 Förändring av restidskomponenter och pris

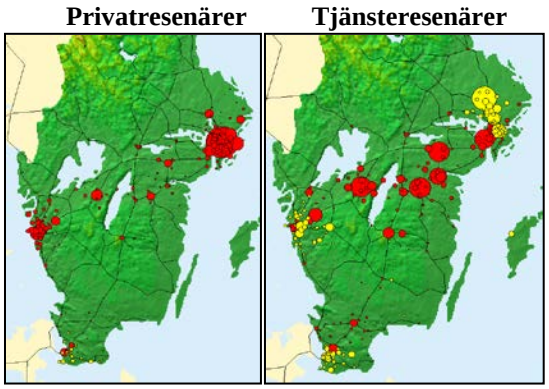
UA-JA	**Reg. arbete**	**Reg. övrigt**	**Reg. tjänste**	**Privat förv. arb.**	**Pensio-närer**	**Stu-derande**	**Tjänste beteende**	**Tjänste ASEK**	**SUMMA beteende**	**SUMMA ASEK**
Nyttoförändring, mkr	-0,05	0,00	0,00	-16,1	-0,1	-0,3	-15,3	-34,3	-31,8	-50,9
varav taxa, mkr	*-0,6*	*0,0*	*0,0*	*20,9*	*2,6*	*3,8*	*-64,3*	*-64,3*	*-37,5*	*-37,5*
varav tid, mkr	*0,5*	*0,0*	*0,0*	*-37,0*	*-2,7*	*-4,1*	*49,0*	*30,0*	*5,7*	*-13,4*

Vi ser att alla resenärgrupper förlorar i standard, främst förvärvsarbetande privatresenärer och tjänsteresenärer. Förvärvsarbetande privatresenärer förlorar mer i tid än de vinner i pris. Detta beror på att en del av dem övergår från snabbare och dyrare tåg till långsammare och billigare buss. Tjänsteresenärer tvärtom förlorar mer i pris än de vinner i tid. Detta beror på att en del av dem övergår från långsammare och billigare tåg till snabbare och dyrare flyg.

5.5 Resultat - Resenärernas nytta – geografisk fördelning

Vilka områden som vinner (gult) respektive förlorar (rött) och hur mycket anges nedan i kartform för de grupper som berörs mest, dvs. för privatresenärer och tjänsteresenärer.

Cirklarnas area är proportionella mot vinsten respektive förlusten per resenär, uttryckt i generaliserad kostnad, multiplicerad med antal resenärer.



Figur 6 Geografisk fördelning av vinster och förluster

Några privatresenärer vinner för resor från Skåne.

Tjänsteresenärer vinner för resor från stora delar av Skåne utom Malmö och områden norr därom, samt från Göteborgsregionen och de norra och centrala delarna av Stockholms län.

Generellt sett förlorar områden mellan Stockholm och Göteborg och Stockholm och Malmö eftersom de mellanliggande orterna förlorar tågavgångar.

I tabellerna nedan visas ett exempel på beräknade förändringar för tjänsteresenärer mellan Östersund och Göteborg, i tabell 7 restidskomponenter och pris, och i tabell 8 hur resenärer beräknats välja alternativa färdmedelskombinationer i JA respektive UA.

Tabell 7 Förändring av antal resor, restidskomponenter och pris

Tjänsteresenärer	**Östersund till Göteborg**								
	Antal resor	Avstånd km	Åk-tid	Vänte-tid	Gång-tid	Bytes-tid	Andel byten	Pris	Generaliserad kostnad
JA	171	846,1	176,6	48,3	60,4	48,1	1,43	2 070	917
UA	180	839,3	163,3	49,8	62,0	40,0	1,50	2 091	897
UA-JA	9	-6,7	-13,3	1,5	1,7	-8,1	0,07	21	-20

Vi ser av tabell 8 att i UA beräknas ingen längre resa direkt med enbart tåg och även kombinationen tåg +buss + flyg förlorar. Kombinationer av färdmedel tar över dessa resor. Flyg, tåg + flyg och buss + flyg vinner resenärer.

Tabell 8 Förändringar av antal resor med olika färdmedelskombinationer

	JA	**UA**
SUMMA RESOR	171	180
Flyg %	62,7	63,9
Tåg +flyg %	3,0	11,1
Tåg +buss +flyg %	20,9	15,3
Buss +flyg %	6,0	9,7
Tåg %	7,5	0
Summa %	100,0	100,0

5.6 Resultat - Externa effekter

Ökningen av externa effekter från biltrafik är liten (+ 7 Mkr per år). Flygtrafiken ger däremot väsentligt ökade externa effekter (+57 Mkr per år) och tågtrafiken något minskade (-12 Mkr per år).

5.7 Resultat - Samhällsekonomi

Tabellen nedan sammanfattar de samhällsekonomiska utfallet för beteendevärden respektive ASEK: s tidsvärden för tjänsteresenärers tidsvärdering.

Tabell 9 Samhällsekonomisk sammanställning

	Enligt ASEK 5	
	Beteende-värden	ASEK-värden
Samhällsekonomi	Mkr/år	Mkr
Nytta resenärer	-32	-51
Producentöverskott privat sektor	90	90
Offentliga sektorns finanser	-94	-94
Skattefaktor 2	0	0
Externa effekter	-51	-51
Samhällsekonomiskt netto	-86	-105

5.8 Slutsatser

- Resenärerna förlorar, speciellt tjänsteresenärer.
- Den största negativa posten utgörs av finansiell förlust för den offentliga sektorn, i huvudsak beroende på intäktsbortfall för SJ.
- Generellt gäller att osäkerheten i de olika transportföretagens intäkter och kostnader är stor. Andra antaganden om priser och kostnader skulle kunna modifiera resultaten men inte så mycket att det förändrar riktningen för det samhällsekonomiska resultatet.

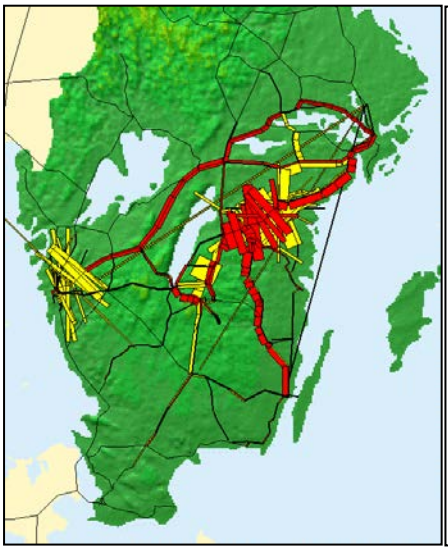
6 Fallstudie 4 - Ökad kapacitet på järnvägen genom steg 2 åtgärden Skip-stop och långsammare X2000

6.1 Förutsättningar

Åtgärden gäller att köra pendeltåg skip-stop mellan Göteborg och Alingsås samt dra ned hastigheten på fjärrtågen till regionaltågshastighet mellan Göteborg och Alingsås. Dessutom kompletteras dessa åtgärder med en pendeltågsavgång till mellan Alingsås och Floda. Skip-stop tåg införs även mellan Norrköping och Mjölby, vilket medför att vissa mindre stationer får en glesare pendeltågstrafik och de större en tätare pendeltågstrafik. Ett X2000 tåg som går nonstop mellan Stockholm och Malmö, och således ej stannar i varken Norrköping eller Linköping, får 2 minuter kortare körtid mellan Norrköping och Mjölby. Dessutom förlängs regionaltågen från Västerås, Katrineholm och Sala och går till Linköping istället för till Norrköping. Resmängder har hämtats från Sampers.

6.2 Resultat - Belastningar och efterfrågan

Nedan visas belastningsökningar i gult (ljust) och belastningsminskningar i rött (mörkt), för samtliga kategorier av resenärer.



Ökningen av åktid med X2000 mellan Stockholm och Göteborg medför färre resenärer. Pendeltågsresenärerna mellan Alingsås – Göteborg blir däremot fler med de nya Skip-stop tågen. Den stora efterfrågeminskningen i Östergötland beror på att vissa tåg tas bort (rött) och ersätts med nya (gult). Ökningen av resenärer från Västerås, Eskilstuna och Katrineholm beror på att dessa tåg som idag går till Norrköping förlängs till Linköping. Även ökningen till Nässjö syns tydligt med det nya skip-stop tåget. Försämringen mot Kalmar beror på att vissa stationer mellan Norrköping och Mjölby (Kimstad, Linghem, Vikingstad och Mantorp)

Figur 7 Beräknade belastningsförändringar

6.3 Resultat - Finanser

Flygbolagen beräknas tjäna 20 Mkr per år och de privata bussbolagen 13 Mkr per år.

De offentliga finanserna påverkas av moms från privata transportföretag, från offentliga transportföretag, från avgifter och skatter från tåg, flyg och bil. Sammantaget erhålls följande resultat för den offentliga sektorns finanser.

Tabell 10 Den offentliga sektorns finanser sammantaget

Summa offentliga sektorns finanser	
	UA-JA
	ASEK
Trafikering	
Privat kolltrafik	1
Offentlig kolltrafik	-95
Skatter/avgifter	
Tåg	2
Flyg	0
Bil	-82
Nettointäkter totalt	-175

6.4 Resultat - Resenärernas nytta - totalt

Tabellen nedan visar förändringar av resenärernas standard per resa i genomsnitt för de olika kategorierna av resenärer, i termer av generaliserad kostnad, också fördelat på tid och pris. Dessutom anges nyttoförändring totalt, vilken står för den sammanlagda förändringen för samtliga resenärer, uttryckt i miljoner kr per år. För tjänsteresenärer anges två olika värden för nyttoförändring, dels den som bygger på beteendevärdet för åktid, 450 kr/timme dels den som bygger på värdet enligt ASEK 4, 275 kr/timme. Det är enbart värdet för tid som skiljer dem åt. Det är tidsförändringen som är mindre värd med tillämpning av ASEK: s tidsvärden, medan förändringen i form av pris givetvis är densamma.

Tabell 11 Förändring av restidskomponenter och pris

UA-JA	**Reg. arbete**	**Reg. övrigt**	**Reg. tjänste**	**Privat förv. arb.**	**Pensio-närer**	**Stu-derande**	**Tjänste beteende**	**Tjänste ASEK**	**SUMMA beteende**	**SUMMA ASEK**
Nyttoförändring, mkr	45,46	11,92	16,72	-4,6	-5,9	-1,9	15,1	15,2	76,8	76,9
varav pris, mkr	*23,2*	*2,5*	*3,9*	*-3,3*	*-5,2*	*0,9*	*15,4*	*15,4*	*37,4*	*37,4*
varav tid, mkr	*22,3*	*9,5*	*12,8*	*-1,3*	*-0,7*	*-2,9*	*-0,3*	*-0,2*	*39,4*	*39,5*

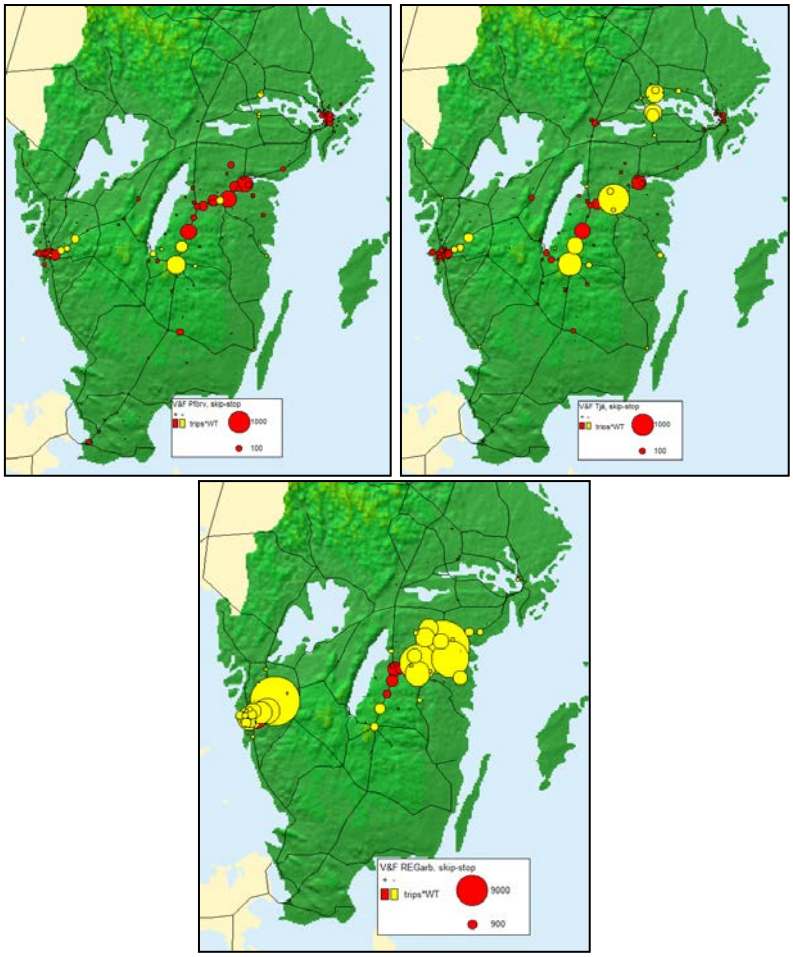
Vi ser att alla regionalresenärer, speciellt arbetsresenärer, samt långväga tjänsteresenärer är de grupper som vinner mest, medan förvärvsarbetande, studerande och pensionärer förlorar. Tjänsteresenärer vinner enbart i form av pris, till och med förlorar något i form av tid.

6.5 Resultat - Resenärernas nytta – geografisk fördelning

Vilka områden som vinner och hur mycket anges nedan i kartform, för förvärvsarbetande långväga resenärer, för långväga tjänsteresenärer och för regionala arbetsresenärer. Cirklarnas area är proportionella mot vinsten per resenär, uttryckt i generaliserad kostnad, multiplicerat med antal resenärer. De regionala resenärerna är de stora vinnarna eftersom det är pendeltågen som förbättras både mellan Alingsås och Göteborg och mellan Norrköping och Mjölby. För långväga förvärvsarbetande och

tjänsteresenärer blir det en liten förbättring i Nässjö pga införande av skip-stop tåg. Notera att kartan för regionala arbetsresenärer har större skala. Skulle de andra två kartorna ha samma skala skulle cirklarna inte bli synliga.

Förvärvsarbetande långväga Långväga tjänsteresenärer Regionala arbetsresenärer



Figur 8 Geografisk fördelning av vinster och förluster

6.6 Resultat - Externa effekter

De externa effekterna för biltrafik beräknas minska mycket (- 46 Mkr per år) medan den ökade tågtrafiken förorsakar små externa effekter (+ 3 Mkr per år).

6.7 Resultat - Samhällsekonomi

Tabellen nedan sammanfattar de samhällsekonomiska utfallet för beteendevärden respektive ASEK-värden för tjänsteresenärers tidsvärdering.

Tabell 12 Samhällsekonomisk sammanställning

	Enligt ASEK 5	
	Beteende-värden	ASEK-värden
Samhällsekonomi	Mkr/år	Mkr
Nytta resenärer	77	77
Producentöverskott privat sektor	33	33
Offentliga sektorns finanser	-175	-175
Externa effekter	43	43
Samhällsekonomiskt netto	-22	-22

6.7 Slutsatser

Det samhällsekonomiska nettot beräknas vara negativt. Den stora posten som leder till detta är förlusterna för SJ. Resenärerna vinner emellertid och de externa effekterna minskar (vilket innebär ett positivt värde).

- Speciellt regionala resenärer beräknas vinna.
- Den största negativa posten utgörs av finansiell förlust för den offentliga sektorn, i huvudsak beroende på intäktsbortfall för SJ.
- Generellt gäller att osäkerheten i de olika transportföretagens intäkter och kostnader är stor. Andra antaganden om priser och kostnader skulle kunna modifiera resultaten även till den grad att det samhällsekonomiska resultatet kan bli det omvända.

7 Sammanfattande slutsatser

Fallstudierna tyder på att det knappast är sannolikt att neddragning av tågtrafiken Stockholm-Göteborg och Stockholm-Malmö och ersätta denna utbudsminskning med flyg skulle vara samhällsekonomiskt lönsamt.

Utfallet för skip-stop åtgärden beräknas bli negativt men kan mycket väl vara positivt.

Reduktion av pendeltågstrafik kompenserat med busstrafik kan vara samhällsekonomiskt lönsamt. Ett skäl är att trafikeringskostnaderna kan vara lägre. Ett annat skäl är att kompletterande busstrafikering ger vissa resenärer en valmöjlighet samt att för vissa resenärer innebär busstrafik att man kan slippa matarbuss till pendeltåget och därmed få färre byten. En orsak till att reduktion av pendeltågstrafik kompletterat med busstrafik inte synes ha haft så stort genomslag i praktiken kan vara en överdriven tro på tåg som den i alla lägen bästa lösningen.

Observera att genomgående *tillkommer positiva effekter av minskade förseningar* som det ännu inte finns metoder för att uppskatta. Även om hänsyn kunde tas till minskade förseningar är bedömningen att ersättning av tåg med flyg inte skulle vara samhällsekonomiskt lönsamt.

Det finns naturligtvis som alltid osäkerheter i beräkningarna, men fler fallstudier av det slag som gjorts här skulle kunna belysa olika möjligheter att begränsa trängsen på spåren.

Referenser

Hasselström, D. (1981). Public transportation planning – a mathematical programming approach. Ph.D. thesis, Department of Business Administration, University of Gothenburg, Sweden.

Jansson, K., Lang, H. and Mattsson, D. (2008). Optimal Economic Interventions in Scheduled Public Transport. Research in Transportation Economics, Transit Economics. Elsevier.

Jansson, K och Kottenhoff, K. (2011). Kollektivtrafik i starka korridorer - buss, spår eller parallell trafikering? KTH.

Sika PM (2008). Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK

Trafikverket (2012a) Banavgifter för ökad kund- och samhällsnytta. Ärendenummer:TRV 2011/5297 A.

Trafikverket (2012b) ASEK 5 – rapporter.

BILAGA – grundprinciper i Vips och Visum

Det grundläggande är att trafikanterna väljer den kombination av resvägar, linjer och färdmedel har den lägsta generaliserade kostnaden.

Modellen är inte deterministisk. Den antar uniform fördelning av individernas önskade restidpunkter i förhållande till de faktiska. Också avgångstidpunkterna för de olika linjerna antas vara sinsemellan uniformt fördelade. Detta har gett upphov till termen RDT (Random Departure Times).

Tiden mellan önskad och faktisk avgångstidpunkt benämns x i formel (1) nedan. Detta x varierar således uniformt mellan 0 och hela turintervallet. Nedan visas principerna för val mellan endast två linjer men dessa principer är desamma för ett godtyckligt antal alternativ.

Beteckningar

H^1 Turintervall för linje1

H^2 Turintervall för linje2

R^1 Resrid (inklusive pris uttryckt i minuter) för linje 1.

α^1 Vikt för färdmedel 1:s åktid i förhållande till normvikten 1, för det färdmedel som linje 1 tillhör

R^2 Resrid (inklusive pris uttryckt i minuter) för linje 12.

α^2 Vikt för färdmedel 2:s åktid i förhållande till normvikten 1, för det färdmedel som linje 2 tillhör

x^1 Tid till avgång för linje 1.

x^2 Tid till avgång för linje 12..

β Relation mellan normvikten för åktid (1) och vikten för att vänta “hemma”.

Med ovan angivna förutsättningar har Hasselström (1981) och Jansson, Lang and Mattsson (2008) visat att för 2 stycken linjer kan andelen för linje 1 beräknas på följande sätt:

$$\Pr(1) = \frac{1}{H^1 H^2} \int_0^{H^1} \int_0^{H^2} h\left[\alpha^1 R^2 - \alpha^2 R^1 + \beta x^2 - \beta x^1\right] dx^2 dx^1 \quad (1)$$

Lägg märke till att sannolikheten för val av linje 1 beror på denna linjes turintervall och restid och på alla andra acceptabla linjers turintervall och restid (inklusive pris).

Den resulterande förväntade väntetiden måste självfallet också bero på samma variabler, med hänsyn till sannolikhet för val av respektive linje och turintervall för respektive linje. Hasselström (1981) och Jansson, Lang and Mattsson (2008) har visat att den resulterande förväntade väntetiden, V, med nämnda förutsättningar kan beräknas som:

$$V = \frac{1}{H^1 H^2} \int_0^{H^1} \int_0^{H^2} \left(h\left[\alpha^1 R^2 - \alpha^2 R^1 + \beta x^2 - \beta x^1\right]\left(\beta x^1 - \beta x^2\right) + \beta x^2\right) dx^2 dx^1 \quad (2)$$

Den förväntade sammantagna restiden när det finns flera linjer att välja på beräknas som den vägda restiden för alla alternativ där vikterna består av beräknad sannolikhet för val av respektive linje. Om vi har k linjer och restiden för linje j betecknas R^j och sannolikheten för val av linje j betecknas $\Pr(j)$ blir restiden:

$$R = \sum_{j=1}^{k} \Pr(j) R^j \quad (3)$$

Den generaliserade kostnaden G beräknas som summan av resulterande väntetid och den viktade summan av de olika linjernas restider (inklusive taxa), enligt nedan:

$$G = V + \sum_{j=1}^{k} \Pr(j) R^j \quad (4)$$

VILKA STYRMEDEL ÄR LÄMPLIGA FÖR ATT NÅ EN FOSSILBRÄNSLEFRI TRANSPORTSEKTOR?

Karin Svensson Smith
Iliongränd L60
SE-224 71 LUND Sverige
E-mail: karin.svensson.smith@gmail.com

ABSTRAKT

Det finns mycket starka motiv för att vidta de effektivaste åtgärderna som leder till att fossila drivmedel fasas ut från transportsystemet; i första hand givetvis de accelererande klimatförändringarna, men även för att minska den stora sårbarhet transportförsörjningens oljeberoende medför. Trots detta har det politiska systemet hittills tvekat inför beslut om de styrmedel som har störst potential att reducera fossilbränsleanvändningen. Transportsektorns oljeanvändning och klimatpåverkan är större nu jämfört med för fem år sedan. Jag beskriver översiktligt hur dessa styrmedel har hanterats i Sverige de senaste 20 åren.

1 INLEDNING

Energin för svenska transporter kommer till ca 95 % från fossila bränslen (Energimyndigheten 2012). Inklusive sjöfart och utrikesflyg står transporterna för 40 % av Sveriges klimatpåverkan (Naturvårdsverket 2012). Alla prognoser tyder på att transportsektorns andel av svensk klimatpåverkan kommer att fortsätta öka i förhållande till andra sektorer. En förändring av transportsektorns klimatpåverkan kräver därför effektiva styrmedel. Avsikten med denna text är att beskriva olika styrmedel vars direkta eller indirekta syfte är att minska oljeanvändningen i svensk transportsektor och hur fokus i styrmedelsdebatten har förändrats 1992 - 2012.

Uppsatsens diskussion om styrmedel för att nå en fossilbränslefri transportsektor har ingen ambition att täcka den vetenskapliga diskussionen i ämnet utan är avgränsad till den debatt om vilka styrmedel som är lämpliga som har förekommit och förekommer i svensk trafikpolitik. Ordet ”lämpliga” kan i detta sammanhang både tolkas som ändamålsenliga för att nå de uppsatta målen, men också tolkas utifrån vad som uppfattas vara politiskt möjligt. Jag har valt att avgränsa diskussionen till det system Sveriges riksdag själv råder över och därför diskuterar jag t ex inte global handel med utsläppsrätter.

Framställningen är präglad av mina egna erfarenheter från deltagande i åtta statliga utredningar 1990 – 2010, som officiell delegat på FNs konferens om miljö- och utveckling i Rio 1992, kommunala uppdrag i Lunds kommun 1994 - 1998 och 2010 - 2012, som ledamot i riksdagens trafikutskott 1998 - 2010, propositionsskrivande på miljö- och näringsdepartementen 1998 - 2006 samt deltagande i Vinnovas råd för innovativa transportsystem 2000 - 2006.

2 TRANSPORTER OCH STYRMEDEL 1992 – 2012

2.1 Klimat- och transportdiskussionen 1992 – 1998

Inför den klimatkonvention som antogs på FN-konferensen om miljö och utveckling i Rio 1992 uppmärksammades trafikens roll i problematiken med fossilbränsleanvändning och skadlig klimatpåverkan. De texter som står om klimat och transporter i FN-konferensens huvuddokument – Agenda 21 (Regeringens skrivelse 1992 9.13-9.15) – tillkom på ett svenskt initiativ (Miljödepartementet 1991 sid 84). Inriktningen i Agenda 21, handlingsplanen för det 21:a århundradet, var att utvecklingen skulle ställas om till att bli ekologiskt hållbar genom att man lokalt, nationellt och internationellt valde bort ohållbara produktions-, konsumtions- och transportmönster till förmån för hållbara alternativ. På flera ställen i världen startade arbetet med lokala agendor. Ett exempel var Lunds kommun där arbetet bl a innehöll en plan för miljöanpassning av transporterna i Lund – LundaMaTs - som påbörjades 1994 (Lunds kommun 1999). Huvudstrategin i denna var att klimatmålen i första hand skulle nås genom en minskning av motoriserade transporter som ett resultat av en bilsnål samhällsplanering, gynnande av kollektivtrafik som ledde till Sveriges första BRT (Bus Rapid Transitsystem) - Lundalänken - och underlättande för cykeltransporter (Edvardsson 2005). Drivmedelsval diskuterades mycket lite och s.k. miljöbilar fick inget kommunalt stöd.

Rio-konferensens resultat implementerades i Sverige via riksdagsbeslut 1993, där målet formulerades som att utsläppen från fossila källor senast 2000 skulle ha stabiliserats på 1990 års nivå och därefter minska. 1990-talets mest omfattande statliga utredning, Kommunikationskommittén, fick i direktiv att ta fram underlag för framtidens trafikpolitik. Ett bärande begrepp för hela utredningen och i ett särskilt delbetänkande var internalisering av externa effekter (SOU 1996:165). Utredningens förslag på en kraftig höjning av fordonsskatten för tunga fordon och en årlig höjning av koldioxidskatten med 10 öre (SOU 1997:35 sid 21) blev motarbetad av en massiv lobbykampanj från bl a Svenska Vägföreningen. Dessa utredningsförslag fanns heller inte med när regeringen våren 1998 följde upp utredningen med en proposition om transportpolitik för en hållbar utveckling. Insiktsfullt konstaterar dock propositionen att ”Ett resultat av de avsteg från principen om en full marginalkostnadstäckning som nu diskuteras blir givetvis en större total transportvolym än om internaliseringsprincipen hade kunnat tillämpas fullt ut och att särskilt godstransportproduktionen därför kan antas bli större än vad som är samhällsekonomiskt optimalt” (Prop 1997/98:56 6.3.4 sid 48).

2.2 Grön skatteväxling, järnvägsinvesteringar, pumplag, trängsel- och flygskatt 1998 - 2006

Under de två mandatperioder som följde efter valet 1998 präglades den svenska politiken av ett samarbete mellan den socialdemokratiska regeringen, Vänsterpartiet och Miljöpartiet. Det rödgröna samarbetet påverkade valet av styrmedel för att minska fossilbränslen i transportsektorn. Transportsektorn var central när det gällde vilka skatter som skulle omfattas av den gröna skatteväxling på 30 miljarder under en tioårsperiod partierna kom överens om. Höjd skatt på miljöskadlig verksamhet kvittades mot sänkt skatt på arbete.

I den proposition om delmål och åtgärdsstrategier för att de då femton nationella miljömålen som lades våren 2001, bedömdes en förändring av transporterna vara avgörande för att flera av dessa skulle kunna nås. Under första delmålet under det

övergripande målet om en god bebyggd miljö står att ”Senast 2010 skall fysisk planering och samhällsbyggande grundas på program och strategier för hur ett varierat utbud av bostäder, arbetsplatser, service och kultur kan åstadkommas så att bilanvändningen kan minska och förutsättningarna för miljöanpassade och resurssnåla transporter förbättras” (Prop 2000/01:130 sid 171). Ett statligt anslag för lokala klimatinvesteringar – KLIMP – inrättades som en konsekvens av propositionen. En annan konsekvens blev tillsättande av den statliga Vägtrafikskatteutredningen. Förutom en höjning av dieselskatten med 50 öre/liter (SOU 2004:63 sid 22) kom utredningen fram till att en kilometerskatt för fordon över 3,5 ton bör införas. Motiv till km-skatteförslaget angavs vara det stora glappet mellan skatteintäkterna från lastbilstrafiken och de kostnader den ger upphov till för andra i form av vägslitage, klimatpåverkan, luftföroreningar, trafikolyckor, buller och trängsel. Det konstaterades att ”Utredningen anser att det är av stor vikt att införandet av kilometerskatt skyndas på. En viktig signal kan i detta sammanhang vara en avsiktsförklaring genom ett principbeslut av riksdagen” (SOU 2004:63 sid 30).

2001 presenterade EU-kommissionen en vitbok om den gemensamma transportpolitiken fram till 2010 som fick stor betydelse för diskussionen om styrmedel inom transportsektorn. Vitboken pekade på de stora problem med trafikstockningar, oljeberoende, klimatpåverkan och trafikolyckor som nuvarande snedfördelning mellan transportslagen ger upphov till. Dessa problem förorsakar kostnader som hämmar den Europeiska Unionens utveckling och konkurrenskraft. Det mål om hållbar utveckling som infördes genom Amsterdamfördragen anges vara ett utmärkt motiv för att ta itu med den 98%iga oljeberoendet inom transportsektorn (EU-kommissionen 2001, sid 14). En återgång till den fördelning av transporter mellan de olika transportslagen som rådde innan person- och lastbilstrafiken började växa på bekostnad av övriga trafikslag förespråkas. Som medel för att nå dit föreslås bl a att infrastrukturkostnaderna ska förändras för att bättre motsvara de kostnader som användningen av dem ger upphov till och att inom ramen för TransEuropean Network investera i järnväg och sjöfart - Motorways of the Sea (EU-kommissionen sid 110-111).

Den proposition om infrastruktur för ett långsiktigt hållbart transportsystem som antogs av riksdagen i december 2001 fick stor uppmärksamhet i Sverige och även internationellt. För att klara omställningen till långsiktig hållbarhet avsattes en ram för järnvägsinvesteringar på 100 miljarder under planeringsperioden 2004 - 2015. Som första land i världen införde Sverige ett jämställdhetsmål för transporterna (Prop 2001/02:20 sid 1). Till den regionala kollektivtrafikens inköp av tåg anslogs 4,5 miljarder under planeringsperioden för att finansiera ett 50%igt statsbidrag (Prop 2001/02:20 sid 2). Den 9 timmar långa debatt som föregick riksdagsbeslutet visade på stora skillnader mellan den rödgröna majoriteten och oppositionen beträffande i vilken utsträckning klimathänsyn skulle prioriteras i valet av väg- och järnvägs-investeringsobjekt (Riksdagen 2001). Banverket och Järnvägsfrämjandet gav ut ”Vid vägs ände” - en bok om framtidens transportpolitik för att visa vilken roll järnvägstrafiken kan ha i lösningen av de problem dagens transporter medför (Järnvägsfrämjandet, Banverket 2003). När regeringen med en skrivelse till riksdagen återkom med de konkreta järnvägs- och väginvesteringsobjekten hade ramen utökats och fördelats så att proportionerna mellan järnväg och väginvesteringar förhölls sig till ungefär 2,5:1 (Prop 2003/4:95 sid 21). Tidigare hade det varit det omvända förhållandet mellan väg och järnväg. Detta riksdagsbeslut ledde till bl a att Citytunneln i Malmö, dubbelspår Göteborg-Trollhättan och Citybanan i Stockholm kunde byggas.

Trafiksäkerhetspropositionen 2004 hade inget mål om att minska användningen av fossila drivmedel, men konsekvenserna av den ändrade inriktningen för

trafiksäkerhetsarbetet har dock fått effekter som är av betydelse i sammanhanget. I EUs transportpolitiska vitbok noteras att antalet km motorvägar tredubblats 1970 – 2000 samtidigt som antalet bilar också har tredubblats under samma tidsperiod (EU-kommissionen 2001 sid 25). En utvidgad vägkapacitet inbjuder till en ökad trafikvolym. I trafiksäkerhetspropositionen konstateras att ombyggnad till 2+1-vägar med mittvajer har visat sig vara effektiva för att minska risken för dödsolyckor. Men jämfört med traditionella motorvägar lockar de inte till en ökad trafikvolym och högre hastigheter. I stället för de motorvägsbyggen som traditionellt motiverats med trafiksäkerhet ledde trafiksäkerhetspropositionen till en fortsatt satsning på 2+1-vägar, permanentning av försöken med hastighetskameror och en utredning om obligatorisk användning av alkolås (Prop 2003/04:160 sid 36, 65, 55).

2005 stiftade riksdagen en lag om skyldighet att tillhandahålla förnybara drivmedel, den s k pumplagen (Trafikutskottet 2005). Regeringen följde upp riksdagsbeslutet med en förordning om statligt stöd till åtgärder för främjande av distribution av förnybara drivmedel (Miljödepartementet 2006). Detta stöd kallades mackstödet och avsågs att finansiera en del av merkostnaden för etanol- och gaspumpar. Huvudmotivet för pumplagen, mackstödet, ändrade förmånsbilsregler och skattenedsättning på förnybara drivmedel var att bryta de oljebaserade drivmedlens totala dominans samt att minska transportsektorns klimatpåverkan. De totala investeringarna i Sverige som pumplagen och de andra förändringarna som vidtogs sammantaget beräknas till ca 0,5 miljarder kronor (muntlig uppgift Bertil Moldén BIL Sweden 17 okt 2012). En uppföljning av lagen som riksdagens trafikutskott och riksdagens utredningstjänst gjorde 2010 visade att andelen förnybara drivmedel i transportsektorn ökat, men att den teknikneutralitet som riksdagen eftersträvat inte hade förverkligats. E85 dominerade utbudet av förnybara drivmedel samtidigt som det fanns en stor potentialen för ökad produktion och användning av biogas (Trafikutskottet 2010 sid 5).

I december 2005 tillsatte regeringen en oljekommission med statsminister Göran Persson som ordförande. Kommissionen skulle utarbeta ett övergripande program för att minska Sveriges oljeberoende. Diskussionen om peak-oil fanns med i bakgrunden med strävan efter att minska klimatpåverkan. Oljekommissionen rönte stor nationell och internationell uppmärksamhet. Kommissionens ledamöter representerade ett brett spektrum av intressen och enades bl a om att det finns en betydande potential till effektivisering av energianvändningen samt att bensin- och dieselförbrukningen i den svenska vägtransportsektorn bör halveras till 2020 (Kommissionen mot oljeberoende 2006 sid 20). Beträffande synen på biodrivmedel fanns skilda uppfattningar. Två särskilda yttranden påtalade nackdelarna med att subventionera investeringar i grödobaserade biodrivmedel och drivmedel som hotar den biologiska mångfalden (Kommissionen mot oljeberoende 2006 Emanuelsson och Azar).

Efter en livlig debatt beslutade riksdagen 2004 att ett försök med trängselskatter i Stockholm skulle genomföras 2005-2006 och följas av en folkomröstning i samband med riksdagsvalet 2006. Intäkterna från skatten skulle delas mellan investeringar i spår och väg. Trängselskatten ledde till en betydande minskning av köerna och vann Stockholmarnas gillande i omröstningen. Den högröstade opinion som hade motsatt sig beslutet tystnade snabbt. När detta skrivs sex år senare är det i stort sett okontroversiellt att såväl höja avgiftsnivån som att utvidga området för trängselprissättning. Den flygskatt som en rödgrön riksdagsmajoritet beslutade att införa avsåg att begränsa utrikesflyget, som vid sidan av lastbilstransporter är den klimatpåverkande sektor som ökar mest.

2.3 Fossilbränsleoberoende fordonsflotta alliansregeringens mål

Alliansregeringen gjorde en rivstart i klimatpolitiken när statsminister Fredrik Reinfeldt i sin första regeringsförklaring 2006 konstaterade att ”klimatfrågan är en ödesfråga för Sverige och för världen” (Statsrådsberedningen 2006). Detta kan tolkas som en klar markering i förhållande till att han så sent som i juli samma år förklarat frånvaron av klimataspekter i sitt Almedalstal med att miljö inte är en prioriterad fråga för moderaterna. I riksdagen märktes också att partier från båda blocken tog intryck av de allvarliga slutsatserna från FNs klimatpanel, Al Gores klimatfilm och den förre världsbanksekonomen Sir Nicholas Sterns rapport där det hävdas att klimatförändringarna kan ge upphov till kostnader motsvarande värdet av den förstörelse 1900-talets två världskrig resulterade i. Statsminister Reinfeldt sa sig vilja ta på sig ledartröjan i samband med de förhandlingar som föregick FNs klimatkonferens i Köpenhamn december 2009.

Parallellt med statsministerns uttalande om klimatet som en ödesfråga för Sverige och resten av världen gjordes en omvärdering av inriktningen för infrastrukturinvesteringarna. Finansminister Anders Borg uttalade att Sverige hade överinvesterat i järnväg och att höghastighetståg är mycket olönsamma. Flera tidigare beslutade järnvägsinvesteringar, däribland Citybanan i Stockholm, försenades i minst ett år pga neddragna anslag eller förnyad prövning. Intäkterna från trängselskatterna omdirigerades till enbart väginvesteringar trots att det på folkomröstningssedeln sades skulle bli delade mellan spår och väg. Beslutet om att införa flygskatt revs upp och banavgifterna planerades bli fördubblade inom en fyraårsperiod.

Våren 2007 tillsattes en parlamentarisk Klimatberedning med uppdrag att formulera mål för klimatpolitiken till 2020, att göra ett förslag till handlingsplan för att nå målet samt att föreslå inriktning för det svenska agerandet i de internationella klimatförhandlingarna. Kommittén la sitt betänkande våren 2008 och var eniga om åtskilliga styrmedel inom transportområdet i förslaget till handlingsplan. Angående infrastrukturinvesteringar skriver beredningen att ”Kapaciteten på järnvägen för gods- och persontransporter ska öka med minst 50 % till 2020, förutsatt att investeringarna är samhällsekonomiskt lönsamma”(SOU 2004:24 sid 31). Vidare sägs att ”En kilometerskatt för tunga lastbilstransporter i Sverige bör införas senast år 2010 förutsatt att en teknik med rimliga systemkostnader är tillräckligt väl utvecklad” (SOU 2004:24 sid 32). Beredningen ansåg att skatten på bensin och diesel bör höjas med 70 öre och därefter höjas i takt med köpkraften och avvägningar i relation till hur utvecklingen mot klimatmålet går. Den diskussion som föranleddes av klimatberedningens förslag kom dock i liten utsträckning att handla om de olika åtgärderna för att nå klimatmålen. I stället dominerades diskussionen av det som skilde blocken åt, närmare bestämt om Sverige skulle nå 40 % reduktion av växthusgaser till 2020 så som alliansrepresentanterna i utredningen ville eller om det skulle vara 40 % i enlighet med den gemensamma rödgröna reservationen i betänkandet. Regeringen valde att i princip inte lyfta något av de förslag till åtgärder som klimatberedningen hade lagt när klimatpropositionen lades fram till riksdagen 2009.

I vårpropositionen 2009 konstateras att ”Som första industriland kan Sverige formulera mål och en konkret strategi för att bryta beroendet av fossil energi” (Prop 2008/09 4.8 sid 53). En proposition om nya transportpolitiska mål lades samtidigt som vårpropositionen. Det tidigare målet om att transportsektorns klimatpåverkan senast 2010 skulle ha minskat till 1990 års nivå ersattes med att ”År 2030 bör Sverige ha en fordonsflotta som är oberoende av fossila bränslen” (Prop 2008/09:93 sid 2). Det finns flera strategiska konsekvenser av denna kursomläggning. För det första flyttades fokus från transportsektorn som helhet med samtliga transportslag till fordon – främst

personbilar. Förvisso är det där den största klimatpåverkan finns för närvarande, men trender för lastbilstransporter och flyg talar för att båda dessa utgör växande klimatproblem. Hittills har ökningen av lastbilstransporter mer än förtagit vinsterna av de positiva förändringarna inom personbilssektorn. För det andra fokuseras diskussionen på val av drivmedel och inte till vägtransporternas totala energianvändning. För det tredje är innebörden av "en fordonsflotta som är oberoende av fossila bränslen" oklar. I princip kan alla dieselbilar köras på biobaserad diesel. Elbilar kan gå på förnybar el, gasbilar på biogas och flexfuel-bilar på etanol. Den enda del av bilparken som rent tekniskt fortfarande är beroende av fossila bränslen är vanliga bensinbilar, men där kan etanol blandas in i varierande omfattning. Detta kan sannolikt förändras genom att göra den s.k. flexfuel-utrustningen på nya bensinbilar obligatorisk. Att bilar kan gå på förnybara drivmedel innebär dock inte att de verkligen gör det. För det fjärde har styrmedelsdebatten koncentrerats till regeringens supermiljöbilspremie, förmånsbilsregler och skattenedsättningar snarare än att handla om km-skatt för lastbilar, koldioxidskatt och flygskatt.

I mars 2011 fick Trafikverket i uppdrag att utreda behovet av ökad kapacitet i det svenska järnvägssystemet och föreslå åtgärder. När utredningen var färdig ett år senare konstateras i det s.k. klimatpaketet att det inte räcker med järnvägsinvesteringar, bränslesnålare fordon och byte till förnybara drivmedel för att nå det klimatmål riksdagen har satt upp. Det krävs också en minskad transportvolym, omprövning av väginvesteringar och att en full internalisering av trafikens kostnader bör ske för att uppnå en samhällsekonomiskt effektiv användning av transportsystemet (Trafikverket 2012). Klimatpaketets skrivningar återkom dock inte när regeringen lämnade sin infrastrukturproposition till riksdagen i oktober 2012. Detta trots att propositionen skriver ”Sammantaget visar olika studier att godstransporterna med tunga lastbilar har den största icke-internaliserade kostnaden för externa effekter.” (Prop 2012/13:25 6.4 sid 77) och redogör för hur EU-kommissionen i sin vitbok från 2011 anger ambitionen att ta ytterligare steg mot en fullständig tillämpning av principerna ”användaren betalar” och ”förorenaren betalar”. I det förslag till investeringar som EU ska ta ställning till i slutet av 2012 finns förslag på att investeringsvolymen i TransEuropean Network TEN-T till 98 % av investeringsvolymen ska gå till järnvägsinvesteringar (muntlig uppgift Lars-Gunnar Tannerfors 2/11 2012). Den svenska regeringens uppfattning om att vägsystemet fortsatt ska byggas ut med bl a Förbifart Stockholm för 28 miljarder förefaller vara i otakt med omvärlden.

Regeringen föreslog i en proposition sommaren 2012 att inrätta ett beredskapslager av olja som motsvarar 61 dagars förbrukning (Prop 2011/12:163). Att ta ansvar för att det finns oljereserver är ingenting regeringen själv har initierat, utan propositionen var föranledd av ett EU-direktiv som innebär att medlemsstaterna ska ha skyldighet att ha ett minimilager av beredskapsskäl. Samma sommar tillsatte regeringen en utredning om en fossilbränsleoberoende fordonsflotta. Enligt direktiven ska utredaren analysera olika alternativ för hur begreppet fossiloberoende fordonsflotta kan ges en innebörd som stödjer visionen för nollutsläpp av växthusgaser 2050 (Regeringen 2012). Bakom begreppet fossilbränsleoberoende ligger sannolikt en förhoppning om att ny teknik är ett kraftfullt klimatverktyg. Det totala antalet elfordon i trafik var vid utgången av 2011 366 stycken (Trafikanalys 2012). Inklusive elhybriderna utgör dessa sammantaget en halv procent av hela personbilsbeståndet. Fortfarande drivs 76 procent av bilarna med bensin och 17 procent med diesel. Regeringen har trots riksdagens tillkännagivande om behovet av densamma ännu inte lagt några förslag till förändringar av pumplagen. Dispenserna mot införande har permanentats. I vårbudgeten 2012 föreslog regeringen i stället att det skulle finnas en kvotplikt på 10 % inblandning av förnybart drivmedel vid

försäljning av fossila drivmedel. Regeringens kvotpliktsförslag hann inte träda i kraft innan ett EU-direktiv om ett tak på 5 % grödobaserade drivmedel presenterades av klimat- och energikommissionärerna under hösten (EU-kommissionen 2012). Riksdagen kan knappast obstruera mot EE-direktivet.

3 EKONOMISKA STYRMEDEL

Principen om att förorenaren betalar och att kostnaden för externa effekter i form av slitage, olyckor, luftföroreningar, trängsel mm ska internaliseras i priset på att användning av infrastrukturen har funnits med i den politiska retoriken under snart 25 år. Det finns ett starkt vetenskapligt stöd för att förverkligande av principen skulle underlätta för att nå klimat- och miljömål samtidigt som det skulle underlätta för en rationell fördelning av transporter mellan olika transportslag och öka effektiviteten i användningen av offentliga resurser (Hansson 1997). Men det verkar saknas mod att stå för denna marknadsekonomiska princip när den ska tillämpas exempelvis i form av km-skatt för lastbilar eller höjd dieselskatt.

En annan princip för utformning och dimensionering av ekonomiska styrmedel representeras av bl a SIKA som Statens Institut för KommunikationsAnalys som i en underlagsrapport till klimatberedningen föreslår att koldioxidskatten på bensin och diesel bör bestämmas utifrån de mål för koldioxidutsläppen som beslutas (SOU 2008:24 14.5.1 sid 289). För egen del förespråkade jag denna modell i reservationer till Kommunikationsberedningens huvudbetänkande (SOU 1997:35 sid 523-557).

3.1 Koldioxidskatt

Som första land i världen införde Sverige koldioxidskatt 1991. Av alla styrmedel som har provats finns det tunga belägg för att detta är det överlägset effektivaste medlet för att minska klimatpåverkan. Koldioxidskatten leder inte till någon teknisk återvändsgränd när det gäller alternativ teknik och den överlåter åt enskilda samt företag att välja hur man vill minska sin klimatpåverkan. Även på internationell nivå skulle en skatt på koldioxidutsläpp vara att föredra framför utsläppshandel där många kryphål gör att detta styrmedel hittills inte lett till den reduktion av växthusgaser som var utsagd. Med tanke på att hur liten tid som återstår för att få kontroll över klimatpåverkan behövs koldioxidskatt som styrmedel eftersom det kan implementeras snabbt i många länder utan tidsödande utredningar, förhandlingar och kontrollsystem. Utifrån ett demokratiskt perspektiv är det grundläggande att systemet är lätt att förstå. Även i detta hänseende är koldioxidskatt till fördel framför diverse raffinerade styrmedel som riksdagsledamöter inte själva begriper, än mindre kan förklara för sina väljare.

3.2 Kilometerskatt för lastbilar

När järnvägen avreglerades och privatiserades i Nya Zeeland under början av 1990-talet blev det en snabb minskning av godstransporter på spår. För att inte vägnätet och städerna skulle drabbas att stora volymer lastbilstrafik infördes kilometerskatt. I Europa blev Schweiz det första landet som införde kilometerskatt på lastbilstrafik. Där som i många andra länder ville man komma åt det extra slitage på vägarna som tunga fordon ger upphov till samtidigt som den känsliga alpmiljön behövde skonas. Intäkterna från skatten delfinansierar utbyggnad av järnväg med tunnlar genom Alperna vilket gör att bl a godstransporterna kan fungera smidigt utan att överbelasta vägsystemet. Tyskland, Österrike, Tjeckien och några länder till har följt Schweiz` exempel. Ökningen av vägtransporterna är ett av de största hindren för att nå klimatmålet. De positiva effekterna av att personbilarna blivit bränslesnålare motverkas av lastbilstrafikens

volymökning. I Skåne är 78 % av lastbilstransporterna transittrafik. Utöver miljönyttan av en km-skatt så skulle problem med olycksrisker, köbildning och vägslitage bli lättare att lösa. Europas vägar är fyllda med rullande lager av varor som fraktas härs och tvärs över kontinenten. Glass körs till oss i kylbilar från Italien, hundmat från Sverige körs till södra Tyskland. Spannmål skördas i Skåne, körs till Norrland för att bakas och återvända till södra Sverige som "färskt" bröd. Lastbilstransporter är för billigt för att lagerhållning och kombitransporter ska kunna konkurrera. När allt fler länder i Europa, t ex Danmark 2015 inför miljöstyrande km-skatt för lastbil riskerar Sverige att få de sämsta lastbilarna i sitt vägnät.

3.3 Registreringsskatt, fordonsskatt, bonus-malus

Köpenhamns identitet som världens bästa cykelstad signalerar modernitet, miljöansvar och hälsa. Självklart har det faktum att cyklingen aktivt prioriterats i fördelning av gatuutrymmet spelat en stor roll för att cykeln väljs som transportslag. Men registrerings/inköpsskatten på över 100 000 dkk är bidragande orsak till att Köpenhamns kommun näst Tirana har det lägsta bilinnehavet av Europas huvudstäder. Med en differentierad inköpsskatt likt t ex Frankrikes s.k. bonus-malus kan utvecklingen mot en ökad bränsleeffektivitet i personbilsflottan gynnas.

3.4 Trängsel- och parkeringsavgifter

Erfarenheterna från de städer som likt Singapore, London och Stockholm infört trängselskatt är övervägande positiva. Problemen med köbildning och bristande framkomlighet för andra transportslag har blivit enklare att bemästra. Detta ekonomiska styrmedel har goda förutsättningar att spridas till andra städer under förutsättning att intäkterna kan användas lokalt för att förbättra alternativen till bil. Ett annat marknadsekonomiskt styrmedel med stor potential är parkeringsavgifter. Effektiviteten i detta instrument ökar om det kombineras med klampning eller bortforsling av fordonet vid överträdelse av parkeringsbestämmelserna.

3.5 Flygskatt

Förutom lastbilstransporter är det utrikes flygtransporter som står för en ökande del av Sveriges klimatpåverkan. Så som visats i olika backcastinganalyser är styrmedel som minskar flygtrafiken en förutsättning för att nå målet om att inte överskrida två graders temperaturökning (Åkerman 2011). Utan ytterligare styrmedel visar prognoser att flygtransporterna kommer att ha en större negativ klimatpåverkan än personbilstrafiken. Den tekniska potentialen för att flygbränslet ska kunna konverteras till förnybart synnerligen begränsade (Peeters, Williams och de Haan 2009). Flygtrafikens kraftiga ökning under de senaste årtiondena utgör en gigantisk utmaning och behovet av starkare styrmedel är EUs handelssystem brådskar.

3.6 Subventioner

Enligt grundläggande nationalekonomisk teori fungerar subventioner snedvridande och sänker effektiviteten i ekonomin. Transportsystemet utgör inget undantag, snarare finns det en uppsjö av märkliga effekter som uppstått till följd av avdrag, skattenedsättningar och stöd. Naturvårdsverkets granskning av miljöskadliga subventioner visar att det finns ansenliga möjligheter att kombinera förstärkta statsfinanser med ambitionen att minska volymen fossilbränsledrivna transporter och styra om till andra transportslag (Naturvårdsverket 2011). Reseavdraget minskade den beskattningsbara inkomsten med 13,8 miljarder 2010 (SCB 2012). Nio av tio reseavdrag gäller bilresor, företrädesvis i

storstadsområdena. Nedsättning av dieselskatten är en annan subvention som motverkar klimatomställning av transportsystemet och dessutom bidrar till de överskridande av miljökvalitetsnormerna som sker i flera storstäder. Om merparten av de femtio miljarder per år Naturvårdsverket redovisar som miljöskadliga subventioner i stället användes för investeringar i kollektivtrafik, biogasinfrastruktur och andra alternativ till oljedrivna aktiviteter skulle omställningen bli enklare att genomföra. Med tanke på det bekymmersamma ekonomiska läget i Europa och resten av världen bör beslutsfattare i valet mellan att beskatta det man vill ha mindre av och att subventionera det man vill ha mer av välja det förstnämnda.

3.7 Investeringar

I de analyser som värderat investeringar som ett ekonomiskt styrmedel har utfallet blivit lågt jämfört med att klimatskatter av olika slag. I demokratier är politiken beroende av medborgarnas gillande och därför är det lättförklarligt att restriktioner och fördyring av biltrafik kombineras med kostnadseffektiva investeringar i kollektivtrafik och cykelvägar. Riksrevisionens omfattande granskning av riksdagens och regeringens styrning av infrastrukturinvesteringarna utifrån färdplan 2050 samt andra klimatmål visar på mycket stora brister (Riksrevisionen 2012). Även en lekmannamässig bedömning torde visa på det ologiska i att bygga ut kapaciteten för de transportslag som måste minska om Sverige ska kunna nå klimatmålen. Ett stopp för Förbifart Stockholm och andra nya vägbyggen skulle frigöra resurser för att fullfölja kapacitetsutredningens högre nivåer för järnvägsinvesteringar och medge statlig medfinansiering av spårvagnstrafik i de städer som har underlag för det.

4 JURIDISKA STYRMEDEL

4.1 Pumplag och kvotplikt

Att i skydd av begreppet teknikneutralitet undvika förändringar av pumplagen eller andra lagändringar som styr tillhandahållande av drivmedel blir i praktiken ett fortsatt beroende av fossila drivmedel. I dag satsar kommuner på laddstolpar, RME, biogas, syntetdiesel, etanol, tallolja etc. Men den köper en ny bil vill sannolikt kunna tanka mer än där man bor och bensinhandlare över hela landet har knappast råd att investera i alla tekniker. Sverige är ett litet land och bör därför vare sig valet av fordon eller drivmedel välja något som bara fungerar för inhemska förhållanden. Med tanke på att Sverige är ett glesbefolkat land är det extra angeläget att staten tar ansvar för att ordna så att godtagbara drivmedel finns där det är svårast att leva utan bil. Marknaden kan knappast förväntas visa ett regionapolitiskt ansvar. Alternativen till bensin och diesel återfinns främst i städerna samtidigt som utbudet av kollektivtrafik är störst där. Regeringen borde snarast utforma de förslag till ändringar av pumplagen och/eller ett kvotpliktsystem som är förenligt med EU-direktiv samt högt ställda miljö- och hälsokriterier i övrigt.

4.2 Längd-, vikt- tids- m fl restriktioner för lastbilstrafik

Sedan EU-inträdet har Sverige ett undantag från gällande EU-regler när det gäller lastbilars vikt och längd. I Sverige är maxvikten 60 ton och längden tillåts uppgå till 25,25 m, samtidigt som 40 ton och 18,75 m är norm i EU. Det finns klara samband mellan ökad maxvikt och -längd för lastbilar och tappad konkurrenskraft för godstransporter på tåg (Nelldal 2000; Nelldal m.fl. 2001; Nelldal 2011). I USA där maxvikten för lastbilar är 36 ton utgör järnvägsandelen av inrikes godstrafik 50% -

mycket mer än i Sverige. För att minimera godstransporternas energianvändning borde de svenska särreglerna upphöra till förmån för en harmonisering till gällande EU-regler. Även vad gäller regler för helgtrafik och nattetid är Sverige mycket liberalt jämfört med de flesta andra länder vilket i praktiken är en stor konkurrensfördel i relation till sjöfart och godståg.

4.3 Miljözoner och lokala trafikföreskrifter

För att inte fortsatt överskrida miljökvalitetsnormerna för partiklar och kväveoxider borde kraven i det miljözonssystem som finns i flera större kommuner skärpas. I praktiken kan det leda till övergång till eldrift, effektivare distribution i städerna eller annat som minskar fossilbränsleanvändningen även om det inte är miljözonsbestämmelsernas primära syfte. Även lokala trafikföreskrifter är ett juridiskt styrmedel vars potential för att minska oljedrivna transporter i tätorter kan utnyttjas bättre.

5 FYSISK PLANERING

Svenska kommuner har i internationell jämförelse stor makt via det kommunala planmonopolet. För att stärka det ansvar detta innebär borde plan- och bygglagen förändras så att klimat- och sårbarhetsplaner blir obligatoriska och ett absolut villkor för statlig medfinansiering av infrastruktur och andra investeringar. För att kunna hantera den ökad nederbörd och skyfall som klimatmodellerna förutsäger är en yteffektivisering av transporterna en förutsättning. Om stora delar av marken mellan husen upptas av bilparkeringar, bilgator och annan hårdgjord yta har vattnet ingen stans att ta vägen. Därför sammanfaller i stor utsträckning de åtgärder kommunen bör vidta för att minska växthusgaserna med det som behöver göras för att minska översvämningsrisken. Utifrån ett sårbarhetsperspektiv är det bekymmersamt med den överflyttning av dagligvaruhandel som skett från lanthandlare och stadsdelsbutiker och till externa biltrafikalstrande köpcenter. Länsstyrelserna borde i enlighet med klimatberedningens förslag ha rätt att upphäva kommunala planer som motverkar klimatmålen. Kommunernas har möjligheter att styra mot mindre oljeanvändning via inrättande av busskörfält, sammanhängande cykelvägar, restriktiva parkeringsnormer som få kommuner har utnyttjat tillräckligt för att skapa möjligheter till en klimatsmart vardag för sina invånare (Edvardsson 2005).

6 INFORMATION/UTBILDNING/OPINIONSBILDNING

Opinionsbildning har jämfört med ekonomiska och juridiska styrmedel visat sig vara mindre effektiva. Ska sådana insatser ha en positiv effekt bör de kombineras med andra styrmedel som visat sig ge nytta. ”Inga löjliga bilresor”-kampanjen som bedrevs av Malmö kommun samtidigt med påtagliga förbättringar av alternativa färdval har exempelvis resulterat i förändrade resmönster i önskad riktning.

7 ÖVRIGA (INDIREKTA) STYRMEDEL

När inriktningen på trafiksäkerhetspolitiken förändrades från koncentration på motorvägsbyggen till mittseparerade 2+1-vägar kombinerat med Automatisk Trafiksäkerhets Kontroll med kameror (ATK) var motivet en snabbare och mer kostnadseffektiv metod för närma sig visionen om noll döda och skadade i vägtrafiken. En positiv bieffekt blev lägre utsläpp av växthusgaser. Detta dels för att 2+1-vägarna inte har den trafikalstrande effekt som motorvägar medför, men också för att sänkta

hastigheter minskar koldioxidutsläppen. En utvidgad användning av hastighetsövervakning med kameror, särskilt i kombination med införande av ett bilägaransvar som gör att fler kan fällas och dagsböter kan således även vara en kostnadseffektiv klimatåtgärd.

8 KONSEKVENSER AV STYRMEDELSVAL

8.1 Inkomst, landsbygd, jämställdhet och sysselsättning

Ofta används orättvisor mellan stad och land eller mellan rik och fattig som argument för att inte genomföra de klimatåtgärder som visat sig fungera. En rimlig hållning borde vara att fördelningsproblem borde åtgärdas med fördelningspolitik, regionalpolitiska problem med regionalpolitik etc i stället för uteblivna eller försvagade klimatåtgärder. I styrmedelsdiskussion är utgångspunkten ofta vi borde använda de kraftfulla styrmedlen för att minska fossilbränsleanvändningen, men det är ju inte politiskt möjligt med tanke på låginkomsttagarna, landsbygden och jobben. En frågeställning som borde undersökas är vilka långsiktiga konsekvenser det extrema oljeberoendet i transportsektorn får jobben, låginkomsttagarna och landsbygden. Min preliminära bedömning är att framtidens arbetstillfällen i stor utsträckning är förknippad med teknik och produktion som minskar klimatpåverkan och att bilindustri samt liknande branscher har sett sina bästa dagar. En minskad och dyrare oljetillförsel blir mycket mer kännbar för den som bor på landet utan tillgång till tätorternas kollektivtrafik. En organiserad och stegvis utfasning av fossila drivmedel är sannolikt mer skonsam för människor med låga inkomster jämfört med brutala och snabba samhällsförändringar. Det finns ett starkt samband mellan inkomst och klimatpåverkan. Därför är den fördelningspolitiska effekten av koldioxidskatt på fossildrivmedel god. I en internationell översikt av olika länders användning av fossilbeskattning (Sterner 2011) visas att fossildrivmedels-beskattning generellt är positivt ur fördelningssynpunkt. Detta samband är extra starkt om intäkterna från drivmedelsbeskattning används för att finansiera utbyggnad av kollektivtrafik. Reseavdragen är störst i Sörmland och har sannolikt inte den betydelse för landsbygden som många tror.; vill man slå vakt om landsbygden finns det mer träffsäkra instrument än bibehållande av dagens system för reseavdrag. En km-skatt för lastbilstrafik är bra för närproduktion och närförädlat samtidigt som andra branscher får kostnadsökningar. Höjd koldioxidskatt minskar dyr oljeimport och gynnar lokal utvinning av biogas. Beställning av spårvagnar och andra rälsfordon kan ge nya arbetstillfällen. Utifrån ett jämställdhetsperspektiv skulle utfasning av de subventioner som upprätthåller fossilbränsleanvändningen vara fördelaktig eftersom det huvudsakligen är män som gynnas av dagens system. En omfördelning av investeringar från bilvägar till kollektivtrafik skulle underlätta för de resvanor som kvinnor har i större utsträckning än män. Minskade växthusgaser till följd av en stärkt hastighetskontroll påverkar i första hand män eftersom de är kraftigt överrepresenterade vad gäller hastighetsöverskridande. En bilsnål och yteffektiv trafikplanering i städerna med färre parkeringsplatser leder till sett högre förändringstryck för män eftersom de dominerar bland bilägarna.

9 SLUTORD

Det är snart fem år sedan målet om fossilbränsleoberoende fordon ersatte det övergripande klimatmålet för hela transportsektorn. I praktiken har 2007 – 2012 varit en dödtid för klimat- och miljöomställning av transportsystemet. Transportsektorns klimatpåverkan är större nu jämfört med för fem år sedan. Att det mest

fossilbränsleslukande transportslaget - flyget - är obeskattat och ökar kraftigt är särskilt oroväckande utifrån klimatsynpunkt. Under lång tid har branschorganisationen för biltillverkare och importörer framgångsrikt drivit kampanjen ”Utan bilen stannar Sverige”. Sverige har i hög grad gjort sig beroende av oljedriva transporter. Sverige har den bränsletörstigaste bilflottan i Europa. Reseavdrag och förmånsbilsregler stimulerar bilpendling. Att skatter och andra regler anpassats för Volvo och SAAB är knappast en tillfällighet. Sverige var det land i Europa som under 1900-talets andra hälft revs flest hus i städerna för att bereda plats för bilen och har högst andel av handeln i externa köpcenter (Lundin 2008). Enligt Energimyndigheten går ca tre fjärdedelar av all olja som importeras till transportsektorn. Oljeberoendet utgör ett allvarligt hot mot välfärd och utveckling. Sverige är extremt sårbart inför en eventuell strypning av oljetillförseln. Om Iran gör verklighet av sitt hot om att stänga av Hormuzsundet stoppas en tredjedel av världens sjöburna oljetransporter. Sveriges oljeimport kommer också från Ryssland som vet hur handelsinstrumentet kan användas vid internationella konflikter.

Peak Oil följs av Peak Car Use i allt fler industriländer. Utvecklingen kan fördröjas av subventioner, men om Sverige ska vara i framkant borde vi snarare skynda på. Sverige borde använda sin industriella kompetens för att utveckla och tillverka det som hela världen behöver för att försöka avstyra klimatkatastrofen. Trots alla klimattoppmöten fortsätter koldioxidutsläppen i världen att öka. Mänskligheten är samlad på ett Titanic som i hög hastighet går rakt emot ett berg. Fartyget har vare sig sänkt hastigheten eller ändrat kurs. Och vi kan inte hoppas på att kollapsen undviks genom att isberget smälter bort. För människor på flera kontinenter är översvämningar eller torka en verklighet redan nu.

Givetvis kan en klimatomställning av skatter och avdrag inte ske över en natt – förändringen måste göras stegvis och med eftertanke. Att införa trängselskatter var ett sunt marknadsekonomiskt instrument för att lösa den trängsel som uppstår när det är för billigt att använda stadens gator för bilkörning. Marknadspriser på all parkering påverkar resmönster i en klimatsmart och yteffektiv riktning. Allt detta handlar om att ändra vanor. Människor ställer i allt högre utsträckning krav på fungerande tågtrafik, och annat som behövs för att kunna leva klimatvänligt. Dessa investeringar är kostsamma. Politiken har ökad chans att tillgodose dessa önskemål om de subventioner som nu upprätthåller oljeanvändningen fasas ut och om lastbilstransporterna i stället för skattebetalarna via km-skatt får betala det vägunderhåll som kostar statskassan över 10 miljarder kr per år.

10 REFRENSER

Edvardsson, L. (ed.). 2005. *Handbok i bilsnål samhällsplanering.* Lunds kommun, tekniska förvaltningen och Stadsbyggnadskontoret, Lunds kommun.

Energimyndigheten 2012. *Andel fossilt bränsle till totalt tillförd energi 1983 – 2010.* Energiindikatorer 2012. Eskilstuna

EU-kommissionen 2001. *Vitbok - Den gemensamma transportpolitiken fram till 2010: Vägval inför framtiden.* Byrån för Europeiska gemenskapernas officiella publikationer, Luxemburg.

EU-kommissionen 2012. *Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels*.595 final 2012/0288(COD) Bryssel.

Hansson, L. (1997). *The Internalisation of External Effects in the Swedish Transport Policy* Lars Hansson. Doktorsavhandling, Lunds Universitet.

Järnvägsforum i samarbete med Banverket. 2003. *Vid vägs ände?* Järnvägsforum och Banverket, Stockholm.

KOM (2011) 144. *Vitbok - Färdplan för ett gemensamt europeiskt transportområde*. EU-kommissionen, Bryssel.
Kommissionen mot oljeberoende. 2006. *På väg mot ett oljefritt Sverige*. Statsrådsberedningen, Stockholm.
Kommittédirektiv 2012:2012:78. Fossiloberoende fordonsflotta - ett steg på vägen mot nettonollutsläpp av växthusgaser. näringsdepartementet, Stockholm.
Lundin, P. 2010. Bilsamhället. Doktorsavhandling, Kungliga Tekniska Högskolan Stockholm.
Lunds kommun. 1999. *LundsMaTs – ett helhetsgrepp för ett miljöanpassat transportsystem i Lund.*
Miljödepartementet. 1991 *Sveriges nationalrapport till UNCED 1992- FNs konferens om miljö och utveckling.* SOU 1991:55 Stockholm, Allmänna förlaget
Miljödepartementet 2006. *Förordning om statligt stöd till åtgärder för främjande av distribution av förnybara drivmedel. (2006:1591)* Stockholm.
Naturvårdsverket 2012, *Potentiellt miljöskadliga subventioner*. Rapport 6455, Stockholm
Naturvårdsverket 2012, *Utsläpp av växthusgaser i Sverige 1990-2011 - preliminära data,* Stockholm
Nelldal B.-L. 2000. *Competition and co-operation between railways and trucking in long distance freight transport – an economic analysis.* Paper to 3nd KFB-Research conference ”Transport Systems – Organisation and Planning” at Stockholm School of Economics 13-14 June 2000
Nelldal B.-L. 2001. *Järnvägssektorn efter järnvägsreformen 1988*. KTH Rapport TRITA-!P AR 01-98 2001 Stockholm.
Nelldal B.-L., Troche G., Wajsman J., Sommar R., 2011. *Linjetåg för småskalig kombitrafik – analyser av marknad och produktionssystem och förslag till pilotprojekt.* KTH-rapport 2011
Peeters P., Williams V., de Haan A. 2009.Technical and Management Reduction Potentials. I: Gössling S and Upham P. (eds), *Climate Change and Aviation Issues, Challange and Solutions.* London, Earthcan.
Proposition 1997/1998:56. *Transportpolitik för en hållbar utveckling*. Stockholm, näringsdepartementet.
Proposition 2000/01:130. *Svenska miljömål - delmål och åtgärdsstrategier*. Stockholm, miljödepartementet.
Proposition 2001/2002:20, *Infrastruktur för ett långsiktigt hållbart transportsystem*. Stockholm, näringsdepartementet.
Proposition 2003/04:160. *Fortsatt arbete för en säker vägtrafik*. Stockholm, näringsdepartementet.
Proposition 2003/04:95. *Utökade planeringsramar för väg- och järnvägsinvesteringar 2004 – 2015.* Stockholm, näringsdepartementet.
Proposition 2005/2006:16, *Lag om skyldighet att tillhandahålla förnybara drivmedel (pumplagen).* Stockholm, miljödepartementet.
Proposition 2008/2009:162. *En sammanhållen klimat- och energipolitik*. Stockholm, Miljödepartementet.
Proposition 2008/2009:93. *Mål för framtidens resor och transporter*. Stockholm, näringsdepartementet.
Proposition 2008/09:100. *2009 års ekonomiska vårproposition. Riktlinjer för den ekonomiska politiken och budgetpolitiken.* Stockholm. finansdepartementet
Proposition 2011/2012:162. *En ny lag om beredskapslagring av olja.* Stockholm, näringsdepartementet

Proposition 2012/2013:25. *Investeringar för ett starkt och hållbart transportsystem.* Stockholm, näringsdepartementet.
Rapporter från riksdagen 2009/10:RFR7. *Uppföljning av lagen om skyldighet att tillhandahålla förnybara drivmedel.* Riksdagen, Stockholm.
Regeringen 2012. *Fossilbränsleoberoende fordonsflottta – ett steg på vägen mot nettonollutsläpp av växthusgaser.* Kommittédirektiv 2012:78 Stockholm näringsdepartementet
Regeringens skrivelse 1992/93:13. FNs konferens om miljö och utveckling år 1992 – UNCED. Miljö- och resursdepartementet, Stockholm.
Riksdagen 2001. *Snabbprotokoll 13 dec 2001.* Stockholm
Rir 2012:7. Infrastruktur på väg mot klimatmålen? Riksrevisionen, Stockholm.
SIKA 2007. *Kilometerskatt för lastbilar – effekter på näringar och regioner.* Statens Institut för KommunikationsAnalys, Stockholm.
SOU 1991:55. *Sveriges Nationalrapport till UNCED 1992- FNs konferens om miljö och utveckling*. Stockholm, Allmänna förlaget.
SOU 1996:165. *Ny kurs i trafikpolitiken. Delbetänkande av Kommunikationskommittén om beskattning av vägtrafiken.* Stockholm, Fritzes.
SOU 1997:35. *Ny kurs i Trafikpolitiken Slutbetänkande från Kommunikationskommittén*. Stockholm, Fritzes.
SOU 2004:63. *Skatt på väg. Slutbetänkande av Vägtrafikskatteutredningen.* Stockholm, Fritzes.
SOU 2008:24. *Svensk klimatpolitik Betänkande från klimatberedningen*. Stockholm, Fritzes.
Statistiska Centralbyrån 2012. *Inkomst av tjänst för 2010. Avdrag för resor till och från* arbetet. ScB, Örebro
Statsrådsberedningen. *Regeringsförklaringen* 6 oktober 2006, Stockholm
Sterner, T. (ed.). 2011. *Fuel Taxes and the Poor. The Distributional Effetcs of Gasoline Taxation and their Implication for Climate Policy.* Washington D C. RFF Press.
Svensson Smith K. 1997 *Reservation till Kommunikationskommitténs slutbetänkande* SOU 1997:35 Stockholm, Fritzes
Trafikanalys 2012. *Personbilar i trafik efter drivmedel och miljöklass vid slutet av år 2011*. Tabell B7. Stockholm.
Trafikverket 2012. *Målbild för ett transportsystem som uppfyller klimatmålen och vägen dit*. Underlagsrapport till Trafikverkets kapacitetsutredning 2012:105. Trafikverket, Stockholm
Trafikutskottet 2005. *Skyldighet att tillhandahålla förnybara drivmedel.* Betänkande 2005/06:TU6 Stockholm
Trafikutskottet 2010. *Pumplagen. Uppföljning av lagen om skyldighet att tillhandahålla förnybara drivmedel.* Rapporter från riksdagen 2009/10:RFR7 Stockholm
Åkerman J. 2011. *Transport systems meeting climate targets. A backcasting approach including international aviation.* Doktorsavhandling, KTH, Stockholm.

EFFEKTER AV TVÅ OLIKA FIVÖ-SYSTEM PÅ HUVUDGATA I MINDRE ORT – RESULTAT OCH SLUTSATSER AV FÖRSÖK

Joakim Bengtsson
Sweco
Box 256
SE-201 22 MALMÖ Sweden
E-mail: joakim.bengtsson@sweco.se

Sammanfattning

I syfte att undersöka om så kallade FIVÖ-system (Förstärkt Information Vid Övergångsställen) i viss mån kan ersätta traditionella fysiska farthinder har försök gjorts på en huvudgata i närheten av en skola i Arlöv. Två olika aktiveringsmetoder har ingått, tryckknapp och automatisk detektering. Metoden för att utvärdera försöken har inkluderat trafikmätningar (fem tillfällen), beteendestudier på plats (fem tillfällen) samt enkäter med elever och bussförare som passerar platsen (tre tillfällen).

Analysen visar att motorfordonens hastigheter minskar och att deras väjning gentemot fotgängare ökar med båda typer av anläggning. Eleverna upplevde dock endast att motorfordonen stannade oftare när anläggningen med tryckknapp var i drift. Bussförarna upplevde att de oftare stannade för gående oavsett vilken FIVÖ-anläggning som var på plats, men hur lätt de kunde upptäcka oskyddade trafikanter eller hur ofta de stannade för cyklister var olika för olika typ av anläggning och ljusförhållanden.

Slutsatserna av studien är att den faktiska trafiksäkerheten, mätt i hastigheter och andel väjande fordon vid passagen, ökar med båda typerna av installerade anläggningar, trots att eleverna upplever en försämrad situation vid passagen. Anläggningen med detektor ger något bättre resultat än anläggningen med tryckknapp eftersom automatiken ökar andelen passager med aktiverad blinkande skylt. Denna anläggning ger likvärdiga resultat på såväl kort som lång sikt. Resultaten för anläggningen med tryckknapp är däremot alltför spretiga för att någon slutsats om effekten ur olika tidsperspektiv ska kunna dras.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Gatorna i mindre orter tjänar ofta många olika syften och ska därför uppfylla många trafikanters önskemål, vilket leder till prioriteringar och kompromisser. Åtgärden att anlägga farthinder vid övergångsställen kan exempelvis ses som en prioritering av de oskyddade trafikanterna och deras passage över gatan. Förutom hastighetsnedsättningen finns det flera aspekter att ta hänsyn till vid anläggande av farthinder; de medför buller på grund av inbromsningar, accelerationer och skrammel och medför en komfortförlust för busspassagerare samt är en faktor i busschaufförernas arbetsmiljö. Det är därför önskvärt att hitta alternativa åtgärder till fysiska farthinder, som kan öka

trafiksäkerheten vid övergångsställen utan att försämra komforten för bussarnas förare eller passagerare. På en del platser varierar dessutom den högsta tillåtna hastigheten med tiden; utanför skolor är det exempelvis vanligt med 30 km/h under skoltid och 50 km/h under resterande tid och då är det svårt att utforma ett farthinder som passar i båda situationerna.

I föreliggande studie har effekterna av ett alternativ till fysiska farthinder vid övergångs-ställen studerats, ett så kallat FIVÖ-system (Förstärkt Information Vid Övergångsställen) med lampor som blinkar och upplyser fordonsförarna om när någon tänker passera över gatan. FIVÖ-systemet kan inte ses som en generell hastighetsdämpande åtgärd på gatan, utan är tänkt att öka trafiksäkerheten för de som passerar på övergångsstället genom att öka motorfordonsförarnas uppmärksamhet. Systemet har testats med två olika aktiveringsmetoder, tryckknapp eller automatisk detektion. Platsen för studien utgör både skolväg för elever, rutt för bussar och omfattas av varierande högsta tillåtna hastighet.

1.2 Syfte

Syftet med studien är att undersöka om två olika FIVÖ-systems effekter på kort och lång sikt. Resultaten kan vara vägledande vid anläggande av liknande system på liknande platser. Den övergripande frågeställningen är: Ökar trafiksäkerheten?

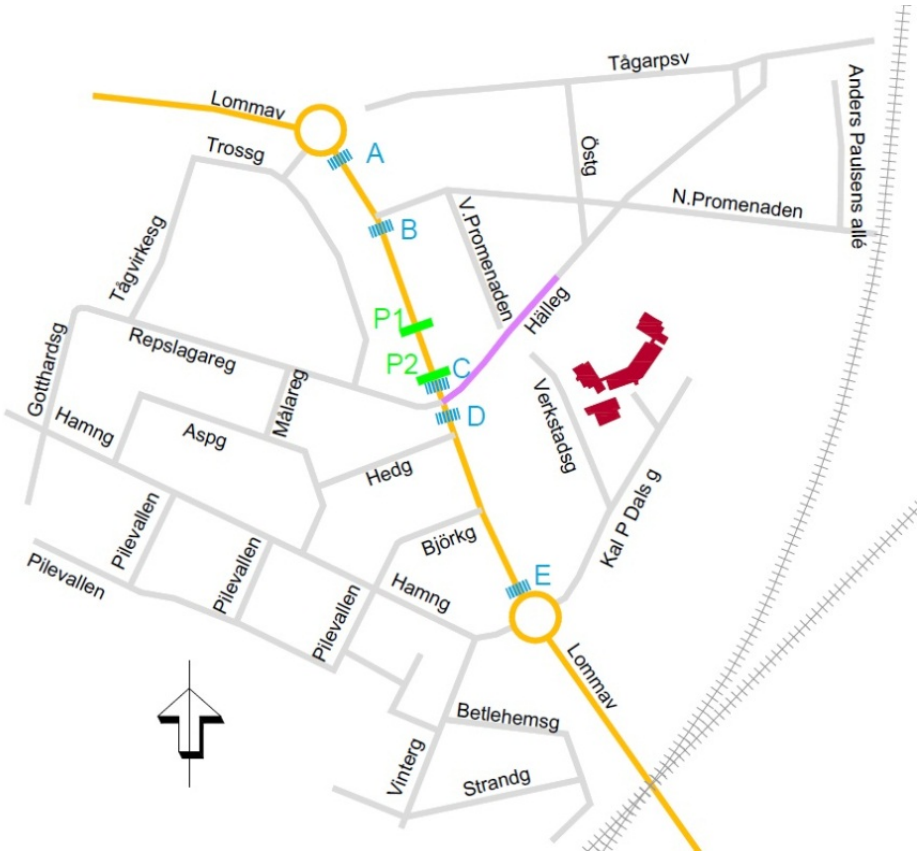
1.3 Metod

Metoden var att – efter förestudien – först installera en anläggning med tryckknapp (Anläggning 1), vars effekter studerades efter en veckas (korttid) respektive fem till sex månaders (långtid) drift. Därefter byttes aktiveringsmetod till detektion med IR-sensorer (Anläggning 2), vars effekter studerades efter samma tidsperioder. Installation och byte beställdes av Burlövs kommun och utfördes av Amparo Solutions. Information till studien hämtades genom:

- Litteraturstudie
- Trafikmätningar (utförda av annan konsult)
- Beteendestudier på plats
- Enkäter med elever på Tågarpsskolan
- Enkäter med bussförare

Trafikmätningarna utfördes i två punkter under en veckas tid för respektive skede, en punkt just vid det aktuella övergångsstället och en referenspunkt längre bort på samma gata.

Trafikmätningar skedde i två punkter, den ena (P1) mitt på sträckan mellan Norra Promenaden och Repslagaregatan, och den andra precis norr om övergångsstället (P2) – se figur 1. Mätveckorna redovisas i tabell 1 nedan.



Figur 4: Karta med mätpunkterna P1 och P2, samt passagerna A – E, markerade. Anläggningarna monterades vid passage C. Röd byggnad markerar skolan

I samråd med skolans rektor och kommunens gatuchef valdes passage C som plats för studien, med motivet att anläggningen skulle bli mer använd i framtiden då ytterligare bostadsexploatering planeras norr om Repslagaregatan.

Tabell 7: Tidpunkter för trafikmätningar

Studie	**Driftsatt vecka, år**	**Mätvecka, år**
Före	-	43, 2010
Anläggning 1 (tryckknapp), korttid	49, 2010	13, 2011*
Anläggning 1 (tryckknapp), långtid	49, 2010	19, 2011
Anläggning 2 (detektor), korttid	27, 2011	43, 2011*
Anläggning 2 (detektor), långtid	27, 2011	48, 2011

* Korttidsmätningar blev förskjutna – se kommentar om avvikelser i texten ovan

Redovisningen av mätningarna gavs uppdelat efter gällande högsta hastighetsgräns, då denna är 30 km/h på vardagar mellan klockan 7 och klockan 17 samt 50 km/h övrig tid.

Beteendestudierna genomfördes med syftet att studera hur interaktionerna mellan fordon på gatan och oskyddade trafikanter på/vid övergångsstället fungerade och hur konflikterna fortlöpte; med konflikt i denna studie avses en situation där minst endera parten måste anpassa sin hastighet (väja) för att undvika en kollision. Beteendestudierna utfördes av en eller två personer som stod i närheten av passagen och noterade såväl trafiken på Lommavägen som antal passerande och hur eventuella konflikter fortlöpte. Beteendestudierna genomfördes på tidpunkter enligt tabell 2 nedan.

Tabell 8 Tidpunkter för beteendestudierna

Studie	**Dag**	**Tid förmiddag**	**Tid eftermiddag**	**Väglag**
Före	2010-10-21	7.55 – 8.55	13.30 – 15.15	Höst
Anläggning 1, korttid	2010-12-15	7.35 – 9.05	14.10 – 15.40	Vinter
Anläggning 1, långtid	2011-05-12	7.45 – 9.15	14.00 – 15.25	Vår
Anläggning 2, korttid	2011-07-19	7.15 – 8.45	13.45 – 15.15	Sommar
Anläggning 2, långtid	2011-11-28	7.25 – 9.00		Höst
	2011-11-29		13.45 – 15.15	

Studien för anläggning 2, långtid, var planerad till måndagen den 28 november, då morgoninventeringen också genomfördes. På grund av sjukdom genomfördes emellertid eftermiddagsinventeringen på tisdagen den 29 november

Enkäterna gjordes med de två grupper som motiverat åtgärden: eleverna samt buss-förarna. Urvalet av de elever på Tågarpsskolan som fick fylla i enkäterna gjordes av skolan utifrån elevernas bostadsadress. Vid varje enkättillfälle promenerade först alla de utvalda eleverna från skolan till den aktuella platsen för att bättre kunna koppla kartan i enkäten till verkligheten. Därefter gick de tillbaka in till skolan och fyllde i enkäterna, med hjälp från både skolans pedagoger och försökspersonalen. Enkätundersökningarna genomfördes före försöken samt efter långtidsperioden för respektive anläggning. När enkäterna besvarades och av vilka redovisas i tabell 3 nedan.

Tabell 9: När och av vilka enkäterna besvarades

Studie	Datum	Antal elever	Pojkar	Flickor	Medelålder
Före	2010-12-03	29	17	12	8,4
Anläggning 1, långtid	2011-05-18	31	18	12	8,7
Anläggning 2, långtid	2011-11-24	28	16	11	9,0

Enkäterna som fylldes i av bussförarna skickades per post till bussoperatören. När bussförarna hade fyllt i enkäterna skickades de tillbaka till försöksledaren.

På grund av ihållande vinterväglag med påföljande plogning kunde mätningen för anläggning 1 (med tryckknapp) inte ske förrän vecka 13 2011, det vill säga 16 veckor efter driftsättning. Konsekvensen blir att resultatet förmodligen inte speglar ett korttids-resultat. Beslut togs därför att senarelägga mätningen och att göra motsvarande senareläggning i fallet med detektoranläggningen, för att åtminstone få jämförbara resultat. Därför genomfördes trafikmätningen för korttidsresultatet för anläggning 2 (med detektor) under vecka 43 år 2011, 16 veckor efter driftsättning av anläggning 2.

Avgränsningar i studien har gjorts; majoriteten av passagerna antogs ske under dagtid då hastighetsgränsen är 30 km/h (vardagar klockan 7 – 17). Tiden sammanfaller även med beteendestudiernas genomförande. Mätningar skedde över hela dygnet under en hel vecka, men redovisningen delades in efter hastighetsgränsernas klockslag.

Intervjuerna gjordes med de två grupper som motiverat åtgärden: eleverna samt buss-förarna.

Som bakgrund och förberedelse inför försöken studerades redan genomförda försök och analyser på följande tema:

- Olyckor på övergångsställen (Hydén 2008 och Thulin 2007)
- Tekniken i FIVÖ-system (Lundgren 2009 samt Carlsson, Linell och Lindh 2010)
- Studier av FIVÖ-systemens effekt vid andra övergångsställen (Anund och Söderström 2010, Planath 2000, Rosén och Ghoreishi 2006, samt Carlsson, Linell och Lindh 2010)

2 Resultat

2.1 Trafikmätningar

Resultaten redovisas i tabell 4 nedan. Mätvärdena gäller för den period då det råder 30 km/h som högsta tillåtna hastighet, det vill säga vardagar klockan 7 – 17. I studiepunkten uppmättes medelhastigheten 34,9 km/h i föresituationen och 35,3 km/h i första mätningen med tryckknapp. Därefter sjönk medelhastigheten till 33,7 km/h i långtidsmätningen med tryckknapp och till 33,1 respektive 32,8 km/h i båda mätningarna med detektor. Medelhastigheterna i referenspunkten P1 uppvisar liknande förändringar, fast med utgångläget från en högre nivå.

Tabell 10: Trafikmängder och hastigheter i de olika mätningarna, vardagar 7 – 17. P1 = referenspunkt, P2 = studiepunkt

Studie	Punkt	Trafikmängd (f/d)	Hastigheter (km/h)	
		Vardags-medel	Medel	85-percentil
Före	P1	3 616	35,8	43,6
	P2	3 770	34,9	42,3
Tryckknapp, korttid	P1	3 567	35,3	42,9
	P2	3 749	35,2	42,7
Tryckknapp, långtid	P1	3 608	35,0	42,3
	P2	3 657	33,7	40,0
Detektor, korttid	P1	4364	34,1	40,9
	P2	4482	33,1	39,3
Detektor, långtid	P1	3702	34,1	40,9
	P2	3758	32,8	39,1

2.2 Beteendestudier

Det var få fotgängare och cyklister som använde passagen när beteendestudierna genomfördes, trots att studierna var förlagda till tider då det borde vara som mest rörelse vid platsen. Antalet observerade fordon, fotgängare och cyklister redovisas i tabell 5 nedan.

Tabell 11: Observerad trafik vid beteendestudierna. Antal fotgängare och cyklister avser de som korsade Lommavägen på passagen. Observationstiden anges i tabell 2

Studie	Bilar	Lastbilar	Bussar	Fotgängare	Cyklister
Före	912	41	6	14	8
Anläggning 1 (knapp), korttid	1094	56	12	17	6
Anläggning 1 (knapp), långtid	933	48	6	14	7
Anläggning 2 (detektor), korttid	670	29	7	8	4
Anläggning 2 (detektor), långtid	1273	73	7	10	7

På grund av att antalet korsande trafikanter var få, blev antalet konflikter också få. De som inträffade redovisas i tabellerna 6-7 nedan. Ur tabellerna kan till exempel utläsas (feta siffror) att vid långtidsstudien för anläggning 1 (tryckknapp) passerade totalt 11 fotgängare utan att aktivera anläggningen, vilket resulterade i 5 konflikter. I dessa 5 konflikter väjde motorfordonen i 3 fall medan fotgängarna fick väja i 2 fall.

Tabell 12 Observerade konflikter mellan fotgängare och motorfordon. Observera att en passage kan innehålla mer än en konflikt

	Fotgängare									
	Aktiverad					**Ej aktiverad**				
	Före	**Anl 1, kort**	**Anl 1, lång**	**Anl 2, kort**	**Anl 2, lång**	**Före**	**Anl 1, kort**	**Anl 1, lång**	**Anl 2, kort**	**Anl 2, lång**
Passager										
Antal konfliktfria	–	0	2	5	2	8	10	**6**	2	5
Antal konflikter	–	0	6	1	2	6	8	**5**	0	1
Konflikter, väjning										
Fordon väjer	–	–	5	1	2	2	5	**3**	–	0
Gående väjer	–	–	1	0	0	4	3	**2**	–	1

Tabell 13: Observerade konflikter mellan cyklister och motorfordon. Observera att en passage kan innehålla mer än en konflikt

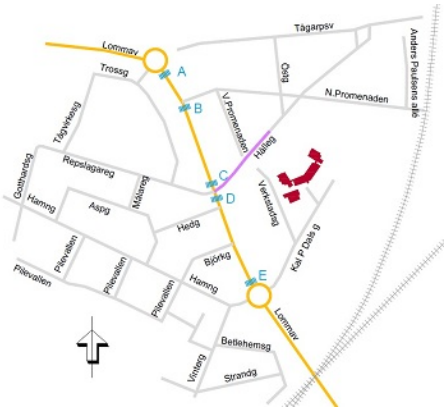
	Cyklister									
	Aktiverad anläggning					**Ej aktiverad anläggning**				
	Före	**Anl 1, kort**	**Anl 1, lång**	**Anl 2, kort**	**Anl 2, lång**	**Före**	**Anl 1, kort**	**Anl 1, lång**	**Anl 2, kort**	**Anl 2, lång**
Passager										
Antal konfliktfria	–	0	0	1	2	7	3	4	1	4
Antal konflikter	–	1	0	0	1	1	2	5	2	0
Konflikter, väjning										
Fordon väjer	–	1	–	–	0	0	1	2	1	–
Cyklist väjer	–	0	–	–	1	1	1	3	1	–

2.3 Enkäter, elever

I enkäterna fick eleverna markera sin skolväg på en karta, vilket har tolkats till vilken passage de använder – se tabell 8.

Tabell 14: Vanligaste passageplats för eleverna (flera alternativ möjliga). Se figur 1 för större karta

	Före	**Anl 1**	**Anl 2**
Antal svarande	**29**	**31**	**28**
Passage	**Före**	**Anl 1**	**Anl 2**
A	0	3	0
B	3	1	2
C (SeeMe)	**8**	**8**	**9**
D	17	17	12
E	5	6	8
Okänd	0	5	1



Hur eleverna upplever situationen när de ska ta sig över gatan redovisas i tabell 9.

Tabell 15: Elevernas känsla vid passage över Lommavägen

	Känsla vid passage C (andel i %)					
	I dagsljus			**I mörker**		
Svar	**Före**	**Anl 1**	**Anl 2**	**Före**	**Anl 1**	**Anl 2**
Bra	8 (100)	7 (88)	8 (89)	5 (63)	4 (50)	1 (11)
Ganska bra	0 (0)	1 (13)	1 (11)	0 (0)	1 (13)	3 (33)
Lite läskigt	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (38)	2 (25)	3 (33)
Läskigt	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (13)	2 (22)
Okänd	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

Eleverna fick även ange hur ofta de tycker att bilarna stannar när de ska gå över gatan på övergångsstället, vilket redovisas i tabell 10 nedan.

Tabell 16: Elevernas uppfattning av bilarnas väjning när de passerar Lommavägen

	Bilarna stannar vid passage C (andel i %)					
	I dagsljus			**I mörker**		
Svar	**Före**	**Anl 1**	**Anl 2**	**Före**	**Anl 1**	**Anl 2**
Alltid	0 (0)	1 (13)	0 (0)	0 (0)	1 (13)	1 (11)
Oftast	5 (63)	4 (50)	4 (44)	3 (38)	2 (25)	2 (22)
Ibland	3 (38)	2 (25)	5 (56)	5 (63)	4 (50)	6 (67)
Aldrig	0 (0)	1 (13)	0 (0)	0 (0)	1 (13)	0 (0)
Okänd	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

2.4 Enkäter bussförare

Antalet medverkande bussförare i enkätundersökningarna och hur ofta de kör buss på Lommavägen redovisas i tabell 11 nedan.

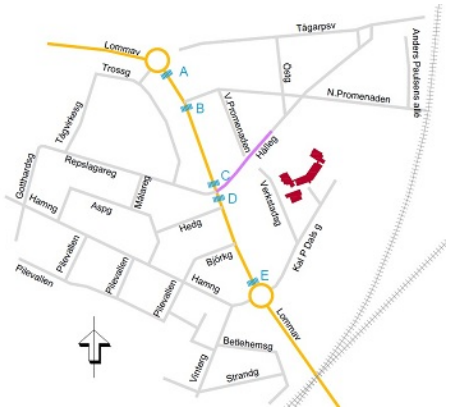
Tabell 17: Bussförarnas körfrekvens på Lommavägen

	Antal förare		
Frekvens	**Före**	**Anl 1**	**Anl 2**
Flera gånger per dag	4	0	2
Några gånger per vecka	6	5	2
Några gånger per månad	1	0	2
Mer sällan	0	0	1
Summa	*11*	*5*	*7*

Bussförarna fick i enkäten rangordna passagerna på Lommavägen efter sin upplevelse av hur många som passerar över gatan där. Eftersom det fanns fem passager att välja bland kunde en passage få rangordningen 1 – 5. I tabell 12 redovisas vilken plats i rangordningen respektive passage fick i medeltal bland enkätsvaren.

Tabell 18: Bussförarnas upplevelse av mest använda passage. Se figur 1 för större karta

Passage	Rangordning, medel (1-5)		
	Före	**Anl 1**	**Anl 2**
A	2,6	3,8	3,9
B	3,0	4,0	3,0
C (SeeMe)	1,8	3,2	2,6
D	4,5	3,0	3,4
E	3,4	1,0	2,3



Bussförarna fick även svara på hur lätt det är att upptäcka fotgängare respektive cyklister vid passagen där FIVÖ-systemet monterades. Dessa svar redovisas i tabell 13.

Tabell 19: Bussförarnas upplevelse av att upptäcka trafikanter på passage C. Antal svarande redovisas i tabell 11

Svarsalternativ	Upptäcka fotgängare/cyklist (andel i %)					
	I dagsljus			I mörker		
	Före	**Anl 1**	**Anl 2**	**Före**	**Anl 1**	**Anl 2**
Lätt	4 (36)	1 (20)	4 (57)	1 (9)	0 (0)	0 (0)
Ganska lätt	4 (36)	4 (80)	3 (43)	6 (55)	2 (40)	2 (29)
Ganska svårt	2 (18)	0 (0)	0 (0)	1 (9)	1 (20)	5 (71)
Svårt	1 (9)	0 (0)	0 (0)	3 (27)	1 (20)	0 (0)
Okänd	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (20)	0 (0)

Förutom att lättare upptäcka fotgängare och cyklister vid passagen var en annan hypotes att bussförarna oftare skulle stanna för dem, varför ett par av frågorna i enkäterna tog upp detta. Svaren redovisas i tabell 14 och 15.

Tabell 20: Bussförarnas upplevelse av hur ofta de väjer för fotgängare på passage C. Antal svarande redovisas i tabell 11

	Stannar för fotgängare (andel i %)					
	I dagsljus			I mörker		
Svarsalternativ	**Före**	**Anl 1**	**Anl 2**	**Före**	**Anl 1**	**Anl 2**
Alltid	7 (64)	3 (60)	6 (86)	7 (64)	2 (40)	5 (71)
Oftast	2 (18)	2 (40)	1 (14)	1 (9)	3 (60)	2 (29)
Ibland	2 (18)	0 (0)	0 (0)	2 (18)	0 (0)	0 (0)
Aldrig	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (9)	0 (0)	0 (0)
Okänd	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

Tabell 21: Bussförarnas upplevelse av hur ofta de väjer för cyklister på passage C. Antal svarande redovisas i tabell 11

	Stannar för cyklister (andel i %)					
	I dagsljus			I mörker		
Svarsalternativ	**Före**	**Anl 1**	**Anl 2**	**Före**	**Anl 1**	**Anl 2**
Alltid	4 (36)	2 (40)	3 (43)	2 (18)	2 (40)	2 (29)
Oftast	2 (18)	0 (0)	2 (29)	2 (18)	0 (0)	3 (43)
Ibland	1 (9)	2 (40)	2 (29)	1 (9)	1 (20)	2 (29)
Aldrig	3 (27)	1 (20)	0 (0)	3 (27)	2 (40)	0 (0)
Okänd	1 (9)	0 (0)	0 (0)	3 (27)	0 (0)	0 (0)

3 Analys och jämförelser

För anläggningen med tryckknapp sjönk såväl medelhastigheterna som hastigheternas 85-percentil från korttidsmätningen till långtidsmätningen. För anläggningen med detektor var hastigheterna lika höga i korttids- som i långtidsmätningarna. Detta kan formuleras som:

- Anläggning med tryckknapp ger större effekt på längre än kortare sikt
- Anläggning med detektor ger lika stor effekt på kort som lång sikt
- Trafikflödet påverkas varken på kort eller lång sikt

I jämförelsen av effekten av de båda olika anläggningarna är långtidsresultaten mest relevanta. Anläggning 1, med tryckknapp, minskade uppmätta hastigheter med 1,2 km/h i medel och med 2,3 km/h för 85-percentilen. Anläggning 2, med detektor, minskade uppmätta hastigheter med 0,9 km/h i medel och med 0,9 km/h för 85-percentilen. Noteras bör att anläggning 1 då jämförs med mätningen före försöken, medan anläggning 2 jämförs med mätningen för anläggning 1; om anläggning 2 hade införts först hade resultaten kanske varit annorlunda. De genomförda mätningarna kan dock sammanfattas i:

- Anläggningarna ger ungefär lika stor effekt på medelhastigheterna
- Anläggningen med tryckknapp ger störst effekt på hastigheternas 85-percentil
- Trafikflödet påverkas inte av någon av anläggningarna

I försökspunkten P2 minskade medelhastigheten med 2,1 km/h och 85-percentilen med 3,2 km/h, sett från före-mätningen till den sista långtidsmätningen. I referenspunkten P1 sjönk medelhastigheten 0,8 km/h och 85-percentilen 1,3 km/h från före försöken till långtidsmätningen vid tryckknappsanläggnigen. Från tryckknapp- till detektoranläggningen sjönk medelhastigheten 0,9 km/h och 85-percentilen 1,4 km/h. Den totala förändringen i hastighet i P1 sett över hela mätserien blev en minskning av medelhastigheten med 1,7 km/h och av 85-percentilen med 2,7 km/h. Huruvida sänkningen av hastigheterna i P1 speglar en allmän hastighetssänkning eller beror av åtgärderna vid P2 är osäkert, då P1 var belägen alltför nära P2 för att kunna sägas vara oberoende av åtgärderna. Orsakerna till förändringarna i P2 är därmed också osäkra, men att hastigheterna sjunkit är ett faktum oavsett orsak.

Osäkerhet finns även i resultaten för beteendeobservationerna, då få passager och ännu färre konflikter registrerades. För jämförelse av resultaten över tiden har utvalda siffror från beteendeobservationerna ändock sammanställts till tabell 16 nedan.

Tabell 22: Andelen konflikter där motorfordon har stannat för att låta fotgängare eller cyklist passera. Resultat som är jämförbara över tiden har ringats in

	Stannar för fotgängare		**Stannar för cyklist**	
Situation	**Ej aktiverad**	**Aktiverad**	**Ej aktiverad**	**Aktiverad**
Före	33,3 %	-	0 %	-
Anl 1 (knapp), korttid	62,5 %	-	50 %	100 %
Anl 1 (knapp), långtid	60 %	83,3 %	40 %	-
Anl 2 (detektor), korttid	-	100 %	50 %	-
Anl 2, (detektor) långtid	0 %	100 %	-	0 %

Sett till enbart utfallet i konfliktsituationerna för anläggningen med tryckknapp fick fotgängarna stanna oftare i långtidsobservationen (40 %, det vill säga att i 60 % av konflikterna stannade motorfordonen) än i korttidsobservationen (37,5 %, motorfordonen 62,5 %) när anläggningen inte var aktiverad. Liknande resultat kan beräknas för cyklisterna (60 %, motorfordon 40 % i långtidsobservationen samt 50 % i korttidsobservationen). Motsvarande jämförelse när anläggningen var aktiverad går inte

att göra eftersom det saknas registrerade fotgängare i korttidsobservationen och cyklister i långtidsobservationen.

För anläggningen med detektor och ej aktiverad anläggning går det inte att jämföra resultaten av konflikterna mellan fotgängare och motorfordon i tid eftersom inga konflikter registrerades i korttidsobservationen. Med aktiverad anläggning ändras inte andelen stannande motorfordon, men antalet konflikter var större varför väjningsbeteendet ändå kan sägas ha förbättrats från korttids- till långtidsobservation. Jämförelser för konflikter mellan cyklister och motorfordon låter sig inte göras eftersom konfliktsituationer saknas (tabell 7).

De jämförelser som således kan göras är (se inringade siffror i tabell 16):

- Motorfordonen stannade oftare i korttidsstudien än i långtidsstudien för anläggningen med tryckknapp när anläggningen inte var aktiverad. Gäller konflikter med både fotgängare och cyklister
- Motorfordonen stannade lika ofta i långtidsstudien som i korttidsstudien för anläggningen med detektor när anläggningen var aktiverad. Gäller konflikter med fotgängare
- Motorfordonen stannar minst lika ofta eller oftare med installerad anläggning än i föresituationen, oavsett tidsperspektiv och om anläggningen är aktiverad eller ej. Undantaget är anläggning med detektor som inte är aktiverad
- Med aktiverad anläggning stannar motorfordonen i minst 80 % av konflikt-situationerna med fotgängare, oavsett tidsperspektiv

För jämförelse mellan typen av anläggning har motsvarande siffror från beteende-observationerna sammanställts till tabell 17 nedan. Där kan bland annat utläsas vilken av anläggningarna – anläggning 1 med tryckknapp eller anläggning 2 med detektor – som medför störst andel väjande motorfordon. På grund av avsaknad av vissa observerade konfliktkategorier är bara vissa av siffrorna jämförbara (inringade). Det som kan konstateras är:

- I konflikter mellan motorfordon och fotgängare vid ej aktiverad anläggning stannar motorfordon oftare med anläggningen med tryckknapp
- I konflikter mellan motorfordon och fotgängare vid aktiverad anläggning stannar motorfordon oftare med anläggningen med detektor
- I konflikter mellan motorfordon och cyklister vid ej aktiverad anläggning stannar motorfordon lika ofta oavsett typ av anläggning
- Motorfordonen stannar minst lika ofta eller oftare med installerad anläggning än i föresituationen, oavsett typ av anläggning och om den är aktiverad eller ej. Undantaget är anläggning med detektor som inte är aktiverad.
- Med aktiverad anläggning stannar motorfordonen i minst 80 % av konflikt-situationerna med fotgängare, oavsett typ av anläggning

Tabell 23: Andelen konflikter där motorfordon har stannat för att låta fotgängare eller cyklist passera. Resultat som är jämförbara mellan typ av anläggning har ringats in

Situation	Stannar för fotgängare		Stannar för cyklist	
	Ej aktiverad	Aktiverad	Ej aktiverad	Aktiverad
Före	33,3 %	-	0 %	-
Anl 1 (knapp), korttid	62,5 %	-	50 %	100 %
Anl 2 (detektor), korttid	-	100 %	50 %	-
Anl 1 (knapp), långtid	60 %	83,3 %	40 %	-
Anl 2 (detektor), långtid	0 %	100 %	-	0 %

Valda delar av elevernas och bussförarnas enkätsvar med avseende på typ av anläggning har sammanfogats till tabell 18-19 nedan. Även här finns en viss osäkerhet då antalet elever som använde passage C regelbundet var litet.

Tabell 24: Utvalda delar av elevernas enkätsvar avseende att korsa Lommavägen i passage C (ungefärliga procentsatser)

Svar avseende passage C (utvalda, ej summa 100 %)	Före (8 elever)	Tryckknapp (8 elever)	Detektor (9 elever)
Känsla korsa ljust	100 % bra	90 % bra 10 % ganska bra	90 % bra 10 % ganska bra
Känsla korsa mörker	60 % bra 40 % lite läskigt	50 % bra 10 % läskigt	10 % bra 20 % läskigt
Bilar stannar ljust	0 % alltid 60 % oftast	10 % alltid 50 % oftast	0 % alltid 45 % oftast
Bilar stannar mörker	0 % alltid 40 % oftast	10 % alltid 30 % oftast	10 % alltid 25 % oftast

Tabell 25: Utvalda delar av bussförarnas enkätsvar om passage C (ungefärliga procentsatser)

Svar avseende passage C (utvalda, ej summa 100 %)	**Före (11 förare)**	**Tryckknapp (5 förare)**	**Detektor (7 förare)**
Upptäcka i dagsljus	35 % lätt 35 % ganska lätt	20 % lätt 80 % ganska lätt	60 % lätt 40 % ganska lätt
Upptäcka i mörker	10 % lätt 55 % ganska lätt	0 % lätt 40 % ganska lätt	0 % lätt 30 % ganska lätt
Stannar för gående i dagsljus	65 % alltid 20 % oftast	60 % alltid 40 % oftast	85 % alltid 15 % oftast
Stannar för gående i mörker	65 % alltid 10 % oftast	40 % alltid 60 % oftast	70 % alltid 30 % oftast
Stannar för cyklist i dagsljus	35 % alltid 20 % oftast	40 % alltid 0 % oftast	40 % alltid 30 % oftast
Stannar för cyklist i mörker	20 % alltid 20 % oftast	40 % alltid 0 % oftast	30 % alltid 40 % oftast

Med tabellerna och figurerna som stöd kan följande konstateras:

- Elevernas känsla av att korsa Lommavägen har inte blivit bättre med varken tryckknapps- eller detektoranläggningen, oavsett om det gäller i mörker eller i dagsljus
- Elevernas känsla av att korsa Lommavägen i mörker var markant sämre med detektor- än med tryckknappsanläggningen
- Elevernas uppfattning om hur ofta bilarna stannar var ganska lika mellan före-situationen och efter tryckknappsförsöket, oavsett om det var mörker eller dagsljus
- För anläggningen med detektor var elevernas uppfattning av hur ofta bilarna stannar i dagsljus något sämre än i föresituationen
- För anläggningen med detektor var elevernas uppfattning av hur ofta bilarna stannar i mörker ganska lik föresituationen
- Bussförarnas uppfattning av hur lätt de upptäcker fotgängare eller cyklister vid passage C i dagsljus förbättrades med båda typer av anläggning, i något högre grad för anläggningen med detektor. I mörker visar resultatet det motsatta, att det blev sämre med båda anläggningarna och allra sämst med anläggningen med detektor
- Bussförarna upplevde att de oftare stannar för gående, både i dagsljus och i mörker, under försöken än före. Bussförarna stannade oftare med anläggningen med detektor än med tryckknapp

- Med anläggningen med tryckknapp upplevde bussförarna att de stannade i något lägre grad för cyklister i dagsljus än vid föresituationen. I mörker stannade de däremot oftare.
- Med anläggningen med detektor upplevde bussförarna att de stannade i något högre grad för cyklister än vid föresituationen, i såväl ljus som mörker.

Hur de olika anläggningarna har påverkat ett antal trafiksäkerhetsfaktorer sammanfattas i tabell 20 nedan.

Tabell 26: Sammanfattning av resultat och analys. Röd prick innebär försämring, grön prick innebär förbättring

Indikator	Tryckknapp		Detektor	
	Korttid	**Långtid**	**Korttid**	**Långtid**
Motorfordonens hastighet	●	●	●	●
Motorfordonens väjning	●	●	●	●
Fotgängarnas och cyklisternas beteende	–	–	–	–
Elevernas upplevda säkerhet	–	●	–	●
Elevernas upplevda väjning	–	●	–	●
Bussförarnas upplevda upptäckter	–	○	–	○
Bussförarnas upplevda väjning	–	●	–	●
Trafiksäkerheten	●	●	●	●

4 Slutsatser

De slutsatser som kan dras av denna studie är osäkra på grund av litet dataunderlag (antal passager vid övergångsstället) och små förändringar (trafikmätningarna).

Den faktiska trafiksäkerheten på den FIVÖ-försedda passagen anses öka eftersom motorfordonens hastigheter sjunkit (även i jämförelse med referenspunkten) och deras väjning för fotgängare ökat.

Att eleverna trots de konstaterade förbättringarna upplever passagen som osäkrare och att bilarna inte stannar oftare än innan bör inte försummas; om förhållandena vid passagen upplevs alltför dåliga kommer konsekvensen bli att de tar en annan väg som de upplever som säkrare – men som kanske inte är det. Att andelen elever som använder passage C har ökat pekar emellertid på att risken för en överflyttning är liten i det här fallet.

Vilken typ av de två testade anläggningarna ger bäst resultat? Eleverna upplevde att säkerheten och motorfordonens väjning var bättre med tryckknapp än med detektor. Även den uppmätta effekten på hastigheternas 85-percentil talar för att typen med tryckknapp har störst effekt. Å andra sidan var medelhastigheterna lägre i mätningarna då anläggningen med detektor var i drift. Svaret på frågan kan därför inte enbart ges utifrån de uppmätta hastigheterna utan motorfordonens väjning måste vägas in; anläggningen med detektor aktiveras oftare än den med tryckknapp och det är med aktiverad anläggning som effekterna på motorfordonsförarnas väjning är som störst. Därmed kan anläggningen med detektor sägas ge bäst resultat. Bussförarnas enkätsvar tyder också på att de oftare stannar för gående och cyklister när en anläggning med detektor är i drift.

Hur är effekterna på kort respektive lång sikt? Anläggningen med tryckknapp uppvisade högre hastigheter (85-percentil) på motorfordonen på kort sikt än före försöken, men lägre hastigheter (både medel och 85-percentil) än före försöken på längre sikt. Observationerna av väjningsbeteendet med tryckknapp var det motsatta, det vill säga att fler förare stannade i korttidsobservationen. För anläggningen med tryckknapp kan därför ingen slutsats dras om trafiksäkerhetseffekten ur olika tidsperspektiv. Anläggningen med detektor uppvisade däremot entydiga resultat för både hastigheter och väjning; hur lång tid som förflutit spelar ingen roll, trafiksäkerhetseffekten är densamma.

Referenser

Anund, A. och Söderström, B. (2010) *Utvärdering av effekten av förstärkt information vid övergångsställe (FIVÖ)*, VTI notat 16-2010

Burlövs kommun (2011), information hämtad från www.burlov.se, 2011-12-13

Carlsson, G., Linell, H. och Lindh, O (2010) *Pilotförsök av aktiva varningssystem på övergångsställen för ökad trafiksäkerhet för äldre*

Hydén, C. (red) (2008) *Trafiken i den hållbara staden*, Studentlitteratur

Lundgren, T. (2009) *Förstärkt Information Vid Övergångsställen. För- och nackdelar med de sensortekniker som används*, Rote Consulting AB

NVDB, uttag från databas 2010-10-12

Planath, S. (2000) *Utvärdering av VMS-skylt i Vellinge*, Vägverket Region Väst

Rosén, M. och Ghoreishi, M. (2006) *Uppföljning av varningssignaler vid övergångsställen. Korsningen Johannesfredsvägen/Björkbacksvägen*, Sweco VBB, Stockholms stads trafikkontor, Södra distriktet

Sandén, M. (2010), försäljningschef Amparo Solutions, muntligt samtal 2010-10-01

STRADA, uttag från databas 2011-08-02

Thulin, H. (2007) *Uppföljning av regeln om väjningsplikt för fordonsförare mot fotgängare på obevakat övergångsställe. Trafiksäkerhetseffekten*, VTI rapport 597.

KRAVSTÄLLNING OCH UPPFÖLJNING AV LJUD- OCH VIBRATIONSKRAV VID FORDONSUPPHANDLING

Martin Almgren
Trafikförvaltningen, SLL
SE-105 73 STOCKHOLM Sweden
E-mail: martin.almgren@sll.se

Odd Sylwan
Tyréns
SE-118 86 STOCKHOLM Sweden
E-mail: odd.sylwan@tyrens.se

SAMMANFATTNING

Trafikförvaltningen (tidigare SL) har de senaste åren initierat och delvis genomfört tre större fordonsupphandlingar med långtgående krav på låga bullernivåer. De närliggande upphandlingarna har möjliggjort samordningsvinster, men även erfarenhetsutbyte från olika upphandlingsfaser. Erfarenheterna från upphandlingarna visar att väl underbyggda och realistiska krav betyder mycket för att uppnå goda resultat. De visar vidare att väl genomtänkta planer för löpande rapportering under projekten och påtryckningsmedel för att säkerställa kravefterlevnad också har stor betydelse.

Artikeln belyser förhållanden som kan ha betydelse för kravutformning samt identifierade svårigheter och vunna erfarenheter från fordonsupphandlingar. Genomgången är tänkt att vara praktisk och lätt att tillämpa. Utformning av krav eller förslag på gränsvärden tas däremot inte upp i artikeln. Den förmedlar istället i första hand tänkesätt och användbara referenser.

1 INLEDNING

Trafikförvaltningens trafik går i stor utsträckning genom tätbebyggda områden och i många fall nära bostäder. Kraven på låga bulleremissioner från fordonen är därför avgörande för att säkerställa möjligheten att bedriva trafiken utan trafikpåverkande begränsningar, t.ex. hastighetsnedsättning, pga överskridande av riktvärden. För att öka kollektivtrafikens attraktivitet ges även hög prioritet åt resandekomfort, där bl.a. vibrations- och akustiska prestanda i och utanför fordonen är viktiga.

För att säkerställa att den inköpta produkten motsvarar beställarens förväntningar, till lägsta möjliga kostnad, behövs en effektiv kravställning. För att nå dit bör beställarens krav harmoniseras med leverantörens erfarenheter och förväntningar. Beställaren bör även gallra bland kraven för att få fram så få, men ändå så heltäckande och precisa krav som möjligt.

I texten nedan beskrivs identifierade svårigheter och vunna erfarenheter av att hantera vibrations- och akustiska prestanda i de tre fordonsupphandlingar som Trafikförvaltningen initierat under senare år. Texten delas in i en genomgång av önskvärd underlagsinformation vid kravutformning, en del om utformning av

förfrågningsunderlag och krav och avslutas med en genomgång av identifierade svårigheter och vunna erfarenheter från de olika fordonsprojekten.

2 BAKGRUND

På grund av genomförd banutbyggnad och planerad kapacitetsförstärkning av trafiken, har Trafikförvaltningen på kort tid haft ett stort behov av att köpa in nya fordon. Detta har resulterat i initierande av upphandling av tre olika fordonstyper:

- A35 – Nya fordon till snabbspårväg - Tvärbanan
- C30 – Nya fordon till tunnelbanan
- X15p – Nya fordon till pendlingslinje - Roslagsbanan

A35 projektet är för närvarande i produktionsfas, C30 är i anbudsfas och för X15p pågår framtagande av förfrågningsunderlag (FFU). I alla tre projekten rör det sig om att byta ut del av befintlig vagnsflotta, men också att möjliggöra tätare trafikering. Till viss del handlar det om att trafikera nya bansträckningar, men i nuläget är planen att trafikeringen av de nya bansträckorna primärt kommer att ske i blandtrafik med äldre vagnstyper. För fallet C30 väntas dock dessa vagnar helt ersätta äldre vagnstyper på tunnelbanans röda linje.

3 INFORMATIONSINHÄMTNING

Vid framtagande av krav måste hänsyn tas till flera påverkande faktorer. Det kan vara relativt enkelt för trafikhuvudman eller trafikutövare att uttrycka sina behov utifrån befintlig anläggning och omgivningens krav. Det är då väsentligt svårare för beställaren att bedöma vad som är tekniskt möjligt och att bedöma vad en kravställd parameter kan kosta, då detta i hög grad är kunskap som finns hos leverantören. I genomgången nedan följer aspekter som är bra att ta med i underlaget inför utformningen av FFU.

3.1 Yttre krav

Kravställningen utgår i grunden ifrån olika krav på banan. Dessa formuleras ofta i interna måldokument, som i sin tur bygger på de lagar och förordningar som reglerar spårtrafiken. De huvudsakliga bullerkraven som berör fordonsinköp för Trafikförvaltningens del är riktlinjer avseende:

- Ljudnivå vid uteplats längs trafikspår
- Ljudnivå i sovrum längs trafikspår
- Ljudnivå vid fasad i närheten av depå och uppställningsspår

För att ovanstående riktvärden ska innehållas är det även av stor vikt att minimera risken för att ljudkällor som normalt inte dominerar ljudbilden blir för starka. Här kan särskilt nämnas minimerande av risk för skrikljud, men även att begränsa bidrag från eventuell takmonterad utrustning, för vilka skärmverkan från bullerskyddsskärm ofta är väsentligt mindre.

3.2 Befintliga fordon

En första fråga att ta ställning till vid val av gränsvärden, är att se över prestanda och användning av eventuella befintliga fordon. Viktiga frågor i detta sammanhang är:

- Vilka bulleremissioner genererar nuvarande fordon?

- Kommer befintliga och nya fordon att samtrafikera banan eller kommer trafiken att separeras? Om ja, hur länge?
- Kommer nya fordon att leda till högre hastigheter genom:
    - Högre största tillåtna hastighet?
    - Bättre accelerationsförmåga?
    - Bättre kurvtagningsförmåga?
    - Ändrad hantering, t.ex. automatisk drift?
- Finns det planerade bullerreducerande åtgärder som endast kommer beröra befintlig vagnpark?
- Är det redan nu känt att fordonsutförandet kommer att förändras genom t.ex.:
    - Förändrad fordonslängd?
    - Ändrade axellaster?
    - Låga insteg?
    - Ändrad energiöverföring?
    - Förändrat utförande, t.ex. tillkommande utrustning?
- Eftersträvas det att leverantören offererar ett existerande fordon

Utgångspunkten vid ovanstående genomgång är att klarlägga vilken potential ett tystare fordon kan ge i form av besparing av andra typer av bullerskyddsåtgärder utanför fordonet, samt att överblicka vilka risker som finns för att de nya fordonen blir bullrigare i vissa driftmiljöer eller förhållanden.

3.3 Befintlig bana

Den befintliga banans utformning och inte minst en utförd bullerkartläggning ger viktig information om vilka målnivåer som är eftersträvansvärda. Ett bra underlagsmaterial fås genom att bedöma kostnaden för att nå uppställda bullermål genom åtgärd med konventionell bullerskyddsskärm. Med detta som grund kan sedan ett antal alternativ bedömas där den nya fordonsflottan ges olika ljudreduktion i förhållande till befintliga fordon. Vid projektering av ny bana kan motsvarande bedömningar genomföras för att hitta en bra balans mellan åtgärder i spår och krav på de nya fordonen.

Utöver ovanstående bedömningar kan det även vara relevant att försöka värdera mervärdet av en minskad bulleremission i form av minskad påverkan för:

- Boende som annars inte skulle få någon åtgärd
- Resenärer
- Landskapsbild (jmf. Bullerskyddsskärm som begränsar utsikt)
- Barriäreffekter (jmf. Bullerskyddsskärm som kan upplevas dela t.ex. ett bostadsområde)

3.4 Mätstandarder

Vanliga mätstandarder för buller inom fordonsindustrin är:

- ISO 3095 – Mätning av bulleremission från spårfordon
- ISO 3381 – Mätning av buller invändigt i spårfordon
- TSD (på engelska TSI) – Teknisk specifikation för driftskompatibilitet ”Rullande materiel - buller” i det transeuropeiska järnvägsnätet för konventionella tåg

Det finns även en specifik TSD för höghastighetståg.

Då TSD är ett kravdokument (dvs innehåller gränsvärden) är det väsentligen mer specifikt än nämnda ISO-standarder, som främst definierar mätförhållanden och val av mätpunkter. För fordon där uppfyllande av TSD är ett grundkrav, kan det därmed vara klokt att följa dessa mätpunktsval även när kravskärpning önskas. Även för fordon där TSD inte är aktuell finns det fördel med att välja dessa punkter då möjligheten för tillverkarna att jämföra kraven med andra fordon kan öka.

Om ISO-standarderna används som referens för att definiera mätförhållanden är det viktigt att avgöra om mätpunkter och mätparameter behöver väljas, t.ex. $L_{p\mathrm{Aeq},T_p}$ och TEL, då standarden i vissa fall ger flera alternativ. Trafikförvaltningen har även gjort bedömningen att det kan vara relevant att istället välja mätning av maximal ljudnivå, $L_{p\mathrm{AFmax}}$, då det är den parameter som oftast används i svenska riktlinjer för buller. Om maximal ljudnivå väljs kan det vara fördelaktigt med större mätavstånd då detta bättre hanterar variation i boggiavstånd, dvs att längre boggiavstånd ger lägre ljudnivåer.

För att säkerställa att ljudbidraget till valda gränsvärden domineras av fordonets akustiska prestanda, och inte spårets, är det centralt att definiera spårförhållanden för testspår. Den kanske enskilt viktigaste frågan i sammanhanget avser valet av råhetsspektra antingen enligt ISO 3095/3381 eller enligt TSD, då det är den parameter med störst inverkan på förbifartsljudet. Det är vidare viktigt för beställaren att ta ställning till om banförhållanden avseende ”Track decay rate” (TDR) enligt TSD ska garanteras av beställaren, eftersom det kan innebära att det krävs åtgärder i spår för att kunna genomföra testerna på de egna spåren. Värt att notera är även att ytråhet både enligt ISO 3095 och TSD endast ger ett övre gränsvärde. Om typprovning därmed sker på ett extremt bra spår, t.ex. ett dedikerat testspår hos tillverkaren, kan detta resultera i större skillnader mellan uppmätta ljudnivåer och ljudnivåer i verklig drift än vad som avsetts vid kravställning. Trafikförvaltningen har valt att lösa detta genom att föreskriva testning på eget spår samt att definiera ett beräkningsförfarande för omräkning av mätta ljudnivåer, såväl uppåt som nedåt, för kalibrering med ytråhetsspektra till nivåer enligt ISO 3095.

Oavsett vilka val som görs avseende TDR och ytråhet är det bra att beställaren är medveten om att de mätta ljudnivåerna vid typprovning troligtvis inte kommer att vara representativa för fordonen i verklig drift. Detta beror huvudsakligen på att både TDR och ytråhet enligt nämnda standarder definierar ett spår i mycket gott skick. Dessutom kommer fordonet i drift oavsett hur underhållet sköts alltid att i viss mån försämras med tiden, med ökad bullergenerering som följd.

4 FÖRFRÅGNINGSUNDERLAG

4.1 Utformning

För att få en bra utformning av kravställningen är det bra att inleda arbetet på förfrågningsunderlaget med att kartlägga behoven. De behov Trafikförvaltningen har identifierat sammanfattas i Tabell 1 och Tabell 2.

Tabell 27 Ljudparametrar för kravställning externt från fordonet.

Parameter	**Kommentar**
Förbifartsbuller	Huvudsaklig störningskälla för kringboende, särskilt för fordon med högre hastigheter
Accelerationsljud	Bidrar i hög grad till störning i närheten av stationer/hållplatser
Retardationsljud	Viktigt för att undvika bromsskrik, men även förhöjda ljudnivåer från eldynamisk eller mekanisk broms
Spårskrik	Tvära kurvor, låga hastigheter och torra spår bidrar till uppkomsten av spårskrik
Förhöjd ljudnivå i kurva och växel	Flänskontakt och spårskarvar bidrar
Stillastående fordon	Många hjälpsystem inkl. kompressor bidrar
Parkerat fordon	Traktionsströmriktare bidrar ofta mest
Markvibration från passerande fordon	Störning som är relativt svår för leverantören att bedöma, men samtidigt viktig för att undvika försämring för kringboende
Yttre högtalarutrop	Viktigt med god dimensionering av utrop för att undvika störning till boende
Takmonterade bullerkällor	Kan ge störning till boende i lägenheter nära spåret samt för boende som har bullerskärm
Dörröppning/stängning	Bidrar till störning vid stationer/hållplatser
Tonalt ljud	Främst från drivutrustning och annan kringutrustning
Lågfrekvent ljud	Viktigt då fasader i allmänhet dämpar lågfrekvent sämre än högre frekvenser

Tabell 28 Ljudparametrar för kravställning internt i fordonet.

Parameter	**Kommentar**
Ljud vid konstant fart	Drivsystem och rullningsljud dominerar
Accelerationsljud	
Retardationsljud	
Spårskrik	
Förhöjd ljudnivå i kurva och växel	
Stillastående fordon	Primärt luftkonditionering
Vibrationer	Både för stående och sittande passagerare

Högtalarutrop	Kravställning syftar till att få en jämn ljudnivå med god taluppfattbarhet
Taluppfattbarhet mellan passagerare	Både hörbarhet och integritet
Dörröppning/stängning	
Ryck och skakningar	Påverkar komfort och säkerhet för främst stående passagerare
Tonalt ljud	Främst från drivutrustning och annan kringutrustning
Lågfrekvent ljud	Lågfrekvent ljud upplevs starkare än vad ljudnivån i dB(A) antyder
Förarhytt	I princip samtliga av ovanstående driftsförhållanden

Generellt kan sägas att leverantörerna är vana att arbeta med krav som gäller för konstant hastighet och i viss mån även för acceleration/retardation samt krav för stillastående fordon. På övriga områden är det mindre vanligt med strikta och verifierbara krav.

Innan kraven utformas är det även viktigt att överväga var de ska gälla. Ska t.ex. de interna kraven avse mest utsatta position i fordonet, eller är det eftersträvansvärt att få tystare avdelningar och samtidigt acceptera platser med högre ljudnivå?

När dessa frågor gåtts igenom är det dags att börja formulera en kravmatris och fundera på vilka krav som kan kombineras/slås ihop utan att förlora för mycket av kravinnehållet. Den viktigaste kopplingen är den mellan extern och intern ljudnivå. En sänkt extern ljudnivå ger i många fall en lägre intern ljudnivå, medan det omvända inte är lika starkt kopplat. När det gäller interna ljudnivåer kan det även vara värt att notera att sänkta golv jämfört med golvnivån i befintliga fordon ofta gör det svårare för leverantören att uppnå samma ljudnivå.

4.2 Verifieringsmetoder

För att minimera riskerna för missförstånd i kontraktet och öka möjligheten för leverantören att jämföra kraven med sina befintliga produkter är det eftersträvansvärt att i möjligaste mån följa de dokument som beskrivs ovan i avsnitt 3.4.

För många av de områden som beskrivs i Tabell 1 och Tabell 2 finns dock inga standardiserade verifieringsmetoder. För att kravställa dessa parametrar är det därmed nödvändigt att även beskriva vilka mätförhållanden som avses för att kravet ska anses uppfyllt.

4.3 Gränsvärden och åtgärder

Utöver det arbete som beskrivits i avsnitt 3 är gränsvärden för främst externt buller i TSD-buller en bra utgångspunkt även för fordon som inte strikt berörs av dessa krav. Om strängare gränsvärden än TSD-buller tillämpas innebär det att leverantören troligtvis kommer tvingas till ett ambitiöst bullerreduktionsarbete. Om gränsvärdena skärps med mer än ca 3 dB är det troligt att bullerreduktionsarbetet kommer att, i någon mån, påverka valet av komponenter på ett sätt som kan komma att påverka driften. Till exempel kan det bli aktuellt att införa boggikjolar, hjuldämpare och inkapslingar av

utrustning. Sådana krav kommer därmed sannolikt att innebära att det efterfrågade fordonet inte är ett av leverantörens ”standardfordon”.

Strängare gränsvärden och kravställning av andra förhållanden än förbifart och stillastående kan vidare medföra behov av t.ex.:

- Hjul med ljudoptimerad profil på hjultallriken
- Skivbromsar istället för blockbromsar
- Radialstyrda (”mjuka”) boggier
- Ljudoptimerade kuggingrepp och växelhus i traktionsväxel
- Ljudoptimerade motorer med forcerad kylning istället för självventilation
- Vattenkyld traktionsväxel och motor
- Åtgärder för ökad ljudabsorption i boggirummet
- Traktionsströmriktare, kompressor och HVAC med ljudoptimerade komponenter

4.4 Teknisk beskrivning och processbeskrivning

För att redan i förfrågningsunderlaget ge möjlighet till underhandsinformation samt öka trovärdigheten i anbud kan det vara lämpligt att införa krav på teknisk beskrivning samt processbeskrivning för arbetet i genomförandefasen. Behovet av dessa beskrivningar är större ju större inslaget av nykonstruktion väntas vara i projektet. Upplägget kan utformas på två olika sätt, antingen som en beskriven process i förfrågningsunderlaget eller som ett öppet krav där förslaget från anbudsgivaren till beskrivning/process bedöms i utvärderingen.

4.4.1 Teknisk beskrivning

För att möjliggöra bedömning av trovärdigheten i anbudets kravuppfyllnad, är det mycket fördelaktigt om anbudet innehåller tekniska beskrivningar av ingående komponenter med avseende på akustik. Är det frågan om ett nyutvecklingsprojekt med tuffa akustiska krav är det även rimligt att begära att anbudsgivarna redan i anbudsfasen genomför beräkningar, om än översiktliga, för att bedöma vilka ljudbidrag som kan accepteras från centrala komponenter. Motivet till detta är att leverantören ofta redan i anbudet i hög grad låser val av centrala komponenter, såväl kostnadsmässigt som för det tekniska genomförandet. Om det därmed i ett senare skede visar sig att valda komponenter inte klarar de akustiska kraven kan detta leda till försening av projektet, fördyrning av projektet, sämre tekniska lösningar med eftermonterade åtgärder eller bristande kravuppfyllnad. Exempel på komponenter där det kan vara relevant att begära in beskrivningar beskrivs i Tabell 3 och Tabell 4.

Tabell 29 Komponenter med stort ljudbidrag för fordon i drift (acceleration och konstant fart)

Komponent	**Prioritet**
Rullningsljud	Hög (men ofta svår att påverka)
Traktionsmotor	Hög
Traktionsväxel	Hög
Traktionsströmriktare	Medel

Tabell 30 Komponenter med stort ljudbidrag för stillastående fordon

Komponent	**Prioritet**
HVAC	Hög
Kompressor	Medel
Traktionsströmriktare	Låg
Hjälpkraftomriktare	Låg

4.4.2 Processbeskrivning

För att säkerställa att slutprodukten uppfyller ställda krav är det rimligt att även begära att leverantören löpande genomför beräkningar och rapporterar utvecklingen i projektet, främst avseende risker och problemområden. Detta görs lämpligen vid ett bestämt antal avstämningspunkter då leverantören redovisar beräkningar för respektive krav. Om beräkningarna visar på problem med kravuppfyllnad bör rapporteringen även innehålla förslag på åtgärder för att nå kraven. Behovet av avstämningstillfällen är starkt beroende av graden av nyutveckling samt hur tuffa kraven är, men någonstans mellan tre och fem tillfällen kan vara lämpligt. Valet av både antal och tidpunkt för avstämningarna bör i hög grad styras av när relevant information avseende delsystem, som ökar tillförlitligheten i ljudpredikteringen, väntas finnas tillgänglig.

Avstämningarna bör inte friskriva leverantören från sitt ansvar att innehålla kraven, syftet är enbart att förmå leverantören att i ett tidigt skede arbeta med frågorna samt att på ett tidigt stadium identifiera projektrisker i form av bristande kravuppfyllnad.

5 FÖRHANDLINGS- OCH GENOMFÖRANDEFAS

En erfarenhet från de aktuella projekten är att det så långt möjligt alltid är fördelaktigt att definiera avsedda förhållanden och att följa tillgängliga standarder. Otydlighet i förfrågningsunderlag och kontrakt riskerar annars att leda till ökat pris, då anbudsgivaren tar större risk, samt ökat förhandlingsutrymme för vald leverantör i ett senare projektskede vilket sällan gagnar beställaren. För att undvika otydligheter är det därför lämpligt att definiera de parametrar som beskrivs i Tabell 5.

Tabell 31 Parametrar som bör definieras vid kravställning

Parameter	**Förslag**
Ytråhet för mätspår (roughness)	Enligt ISO 3095 eller TSD
”Track decay rate”	Enligt TSD alternativt beskrivna förhållanden vid given plats
Spårgeometri – Rälsförhöjning, kurvradier, växellängder	Referens till beskrivning av avsedd bana
Lastfall	Test kan t.ex. avse tomt fordon eller fullastat fordon
Tunnelutformning	Beskrivning av tunnel där eventuella test kommer att genomföras

Det finns alltid en betydande risk för att slutprodukten inte klarar ställda ljudkrav, eftersom det är relativt svårt att bedöma fordonets ljudprestanda och eftersom det är svårt/dyrt att i efterhand reducera en för hög ljudnivå. För att minimera denna risk är det viktigt att tidigt få igång arbetet hos leverantören med att bedöma och reducera fordonets bullergenerering, t.ex. enligt förslagen i avsnitt 4.4.1 och 4.4.2.. Det är även viktigt att få leverantören att förstå bakgrunden till ställda krav, t.ex. beskrivning av driftsförhållanden eller myndighetskrav. Detta behov berör främst krav utöver de krav som beskrivs i befintliga standarder. En sådan beskrivning passar inte alltid in i förfrågningsunderlag och kontrakt, men kan med fördel göras som muntlig presentation i anbudsfas eller tidigt i projektfasen.

För att säkerställa att leverantören verkligen kommer att arbeta effektivt med ljud- och vibrationsfrågor redan tidigt i projektet så måste beställaren aktivt förvissa sig om, helst redan under anbudsfasen, att leverantören verkligen avser:

- Prioritera nödvändiga arbeten med ljud- och vibrationsfrågor
- Avsätta tillräckliga resurser för sådana arbeten
- Engagera kompetenta personer

Med kompetenta personer avses här personer som kan arbeta effektivt tidigt i projektet när endast begränsad information finns tillgänglig avseende fordon och delsystem. I detta skede är nämligen möjligheterna fortfarande stora att påverka såväl konstruktion som system- och komponentval utan större merkostnader. Detta förutsätter i sin tur att engagerade personer har tillräckligt goda kunskaper inom ljud- och vibrationsområdet, tillräckligt lång erfarenhet samt det personliga modet att kunna ta och stå för tekniska och projektmässiga risker förknippade med bedömningar/predikteringar i tidiga skeden av fordonsprojekt.

För att kunna uppnå önskat resultat är det också viktigt att kommunikationen mellan projektledning och specialist är säkrad i processer och/eller arbetssätt som innebär att framförda rekommendationer implementeras i projektet.

Leverantörens efterlevnad av specificerade mätförhållanden bör bevakas av beställaren såväl vid anbudsutvärdering som inför typprovning. Om leverantören i något skede inser att kravet troligen inte kommer att klaras, kan en lösning för leverantören bli att försöka ändra på mätförhållanden på ett sätt som medför lägre uppmätt ljudnivå än annars. Det kan t.ex. röra sig om val av driftläge på kringutrustning, val av mätpositioner och i viss mån val av analysmetoder eller mätparametrar etc.. För att undvika detta är det lämpligt att beställaren vid typprovning representeras av egen eller inhyrd personal, med relevant kompetens. När det gäller uppfyllande av TSD minskar detta behov eftersom det i detta fall redan finns krav på tredjepartsgranskning.

6 AVSLUTANDE REFLEXIONER

Det är relativt svårt för beställaren att vara en effektiv kravställare av ljud och vibrationer vid köp av nya fordon, eftersom leverantören i många fall har mer kunskaper än beställaren om vad som är möjligt att uppnå. Det är därför viktigt för beställaren att vara så tydlig och noggrann som möjligt vid utformningen av förfrågningsunderlaget, vid värdering av inkomna anbud och vid kontraktsförhandling med vald leverantör. Detta för att minska utrymmet för förhandling i senare skeden av projektet. Det kan nämligen vara mycket kostsamt att åtgärda ett nästan färdigkonstruerat fordon i efterhand. Dessutom riskerar sent införda åtgärder att försena leveransen av projektet.

Trafikförvaltningen har i samband med de pågående fordonsinköpen identifierat ett antal parametrar för kravställning som går utöver vanliga standarder inom fordonsindustrin. Beskrivna tillägg är motiverade av de höga förväntningar som finns på en ny fordonsflotta idag och i framtiden avseende ljud, vibrationer och åkkomfort samt för att säkerställa att levererade fordon verkligen lever upp till beställarens förväntningar. Dessutom behövs vissa tilläggskrav för att säkerställa att åtgärder som syftar till att uppfylla ett visst krav, t.ex. lägre extern ljudljudnivå i dB(A) dominerat av högre frekvenser, inte resulterar i en försämrad ljudmiljö i övrigt, t.ex. högre ljudnivå i dB(C) dominerat av lägre frekvenser. Det är nämligen vanligt att s.k. passiva åtgärder, som ofta är effektivast vid högre frekvenser, samtidigt medför försämringar vid lägre frekvenser. Detta kan i vissa fall accepteras men inte alltid. För fallet lågfrekvent ljud tränger det lättare in i bostäder och kan därför upplevas som mer störande av boende än högfrekvent ljud.

I samband med beställning av nya fordon finns det ett generellt behov av att informera om vad de ställda kraven kommer att innebära i praktiken. Det är viktigt att både internt i organisationen och i extern kommunikation framhålla att gränsvärden i FFU och kontrakt inte kommer att vara de nivåer som ska jämföras med riktvärden för immission, t.ex. störning för boende. En orsak till detta är att mätpositionerna vid typprovning inte är desamma som för en godtycklig boende, dvs avståndsberoende måste vägas in. Men även om detta räknas om, t.ex. genom bullerkartering finns det flera faktorer som gör att den förväntade ljudnivån lätt underskattas. Primärt handlar det om att spårförhållandena under typprovningen oftast är mycket bättre än vid normal drift. Dessutom kommer fordonsflottan i trafik alltid att generera förhöjda ljudnivåer pga slitage och mindre skador på t.ex. hjul. För omräkning till exempelvis indata för en beräkning av bullerutbredning behöver därför nivåerna korrigeras med en bedömd förhöjning, alternativt mätas upp efter en tid i trafik.

7 REFERENSER

SS-EN ISO 3381:2011, Järnvägar – Akustik – Mätning av buller invändigt i spårfordon (ISO 3381:2005)

SS-EN ISO 3095:2005, Järnvägar – Akustik – Mätning av bulleremission från spårfordon (ISO 3095:2005)

Tekniska specifikationer för driftskompatibilitet (TSD), KOMMISSIONENS BESLUT av den 4 april 2011, om teknisk specifikation för driftskompatibilitet avseende delsystemet ”Rullande materiel – buller” i det transeuropeiska järnvägssystemet för konventionell trafik, 2011/229/EU

HOW TO CREATE A TRANSPORT CORRIDOR MANAGEMENT- A LITERATURE REVIEW

Maria Öberg
Luleå University of Technology
SE-971 87 LULEÅ Sweden
E-mail: maria.o.oberg@ltu.se

ABSTRACT

The European Commission has adopted a proposal to develop the trans-European network for freight and passenger transports (TEN-T). A multimodal core transport network for Europe has been proposed, as part of the TEN-T (including all modes of transport; roads, railways, airports and canals). As parts of the core network, ten core network corridors have been appointed. They will be used as instruments for implementing the entire core network. European Coordinators will facilitate the implementation of the core network corridors, in cooperation with corridor platforms to be established by Member States concerned. There is no overall solution to how this core network with partly appointed network corridors would be managed, and how the corridor platforms will be synthesized and inter-organized to accomplish seamless transnational transport solutions.

This literature review pinpoints three areas of specific importance for future work in creating transport corridor management structures. First, broad stakeholders inclusion, where formalized partnerships in agreements are suggested. Second, several ways of communication between stakeholders to ensure common progress, and third, to complement the dominant causation processes with effectuation processes to capture the stakeholders own driving forces towards common goals.

1 INTRODUCTION

In the white paper about transport the European Union (EU) states that to meet the future challenges there is need of an efficient core network for multimodal passenger and freight transport (including all modes of transport; roads, railways, airports and canals). Freight corridors needs to be developed optimized in energy use reaching for low emissions, although reliable, with improved logistic solutions, and at low administrative costs. More energy-efficient modes should be used, meaning a shift from road freight to rail and waterborne transport over medium and long distances by using efficient and green transport corridors (European Commission, 2011).

On the 19th of October 2011 the European Commission adopted a proposal to develop the trans-European network for transports (TEN-T). A multimodal core transport network for Europe has been proposed. As parts of the core network, ten core network corridors have been appointed. They will be used as instruments for implementing the entire core network. European Coordinators, designated by the Commission, will facilitate the coordinated implementation of the core network corridors, in cooperation with corridor platforms to be established by Member States concerned. The corridor platform shall be composed of representatives of the Member States concerned and as appropriate, other public and private entities. Each corridor

platform will establish a multi-annual development plan, including investments and implementation, as a management structure. The European coordinator shall chair the corridor platform. The corridor platform may be established as a permanent legal entity (European Commission, 2011).

Figure 1 EU Core network map (European Commission, 2011)

It is clearly described in the proposal that from a situation where Member States have been main actors in transport infrastructure developments, now other key actors like for example regional and local authorities, transport operators and private entities are becoming more important. The Commission therefore used the form of a regulation to be binding for all parties.

There is no overall solution for how this core network with partly appointed network corridors would be managed, and how the corridor platforms will be synthesized and inter-organized to accomplish seamless transnational transport solutions. The stipulated question at hand leads to the field of research in transport combined with multi-level governance. The problem of traditional multi-level governance is how the different levels should interact in a way that is prosperous to the intended development. Within the transport sector the research on governance are quite limited.

This review is investigating scientific research on creating sufficient transport corridor management structures: how stakeholders can be attached to a management structure; which stakeholders are crucial to the management structure; important considerations for successful collaboration etc. The findings from the literature review are structured in themes. The themes, chosen by the author, emerging from the present literature review, are:

- Governance and governance networks
- Institutional arrangements
- Coordination
- Key-factors for consensus and success
- Business networks
- Processes for creating management structures

Finally, the findings will be synthesized and discussed regarding conclusions for future work in an EU context, developing the transport corridors to better meet future demands of more efficient and greener transport, in terms of:

- Important considerations in creating transport corridor management structures
- Finding a method for creating management structures

2 RESEARCH METHODS

A literature review has been conducted during April 2012 covering three databases Scopus, Web of science and Libris. The review has a systematic approach, using keywords to find articles of interest, which then serve as a knowledge base for finding themes for the analysis in an iterative process, so called grounded theory. The analysis itself is a qualitative synthesis of knowledge found in the articles.

SciVerse Scopus is the world's largest database of abstracts and citations assessed and peer reviewed literature. The database contains 45.5 million records in technical, medical, social, arts and human sciences (SciVerse Scopus, 2012).

Web of science is a reference database that provides access to multiple databases, covering nearly 12 000 scientific journals in engineering, social, and humanities, and over 150 000 conference proceedings (Thomson Reuters, 2012).

Libris is a Swedish national search service providing information on titles held by Swedish university and research libraries, as well as about twenty public libraries. Here you can find books, reports, periodicals, articles, electronic resources, etc. At present the Libris database contains 6.5 million titles (National library of Sweden, 2012).

Keywords in the search were *transport, transport corridors, governance, multi-level governance and decision-making process*. The keywords were chosen by the author with the intention to find knowledge about the described task of investigation. The keywords were combined when there was a need of reducing the number of articles for further handling, 200 articles was regarded as a maximum limit per search. Search combinations were in Scopus (transport and governance, transport and multi-level governance, transport and decision-making), Web of knowledge (multi-level governance, multi-level governance and transport, transport and governance, transport and decision-making process, transport corridors and decision-making process) and Libris (multi-level governance, transport and governance, transport and multi-level governance, transport and decision-making process). The author then browsed a total of about 500 scientific articles and books, by reading the titles. From these articles 19 were chosen by the author to be further examined. Criterion for further examining was that it comprised the actual topic.

Additional literature comprising research in the field of management and organisation in relation to transport was defined by contribution from experts at the Department of business administration, technology and social science at Luleå University of Technology, Sweden

The literature review resulted in the six themes, elaborated and described below.

3 FINDINGS FROM THE LITERATURE REVIEW

The development of major transport corridors is a complex planning task. It cuts through layers of governance, administrative and even national borders. On top of that,

different disciplines are involved. Romein et.al. (2003) recognize that large-scale infrastructure planning implicates changed use of land areas, new logistic possibilities, economic opportunities, urban development and environmental interference. Ferrari & Musso, (2011) clarifies that specific stakeholders need to have a wider perspective than just their own jurisdiction to be able to take advantage of the fact that they are part of a larger transport system.

3.1 Governance and governance networks

The general trend in society is that government issues to a higher extent have become governance issues, where government refers to the structure and function of public authorities and governance refers to joint actions between authorities, private actors, organizations and citizens in governmental issues (Giuliano, 2007, Romein et.al. 2003).

Coen and Thatcher (2008) has recognized an extended use of network governance on the European level. Network governance are specified by a multi-level linkage between actors from national, European and international levels and the public and private sector, a shift from formal authorities to organizations or individuals who act as coordinators and that the governance is moving away from hierarchy towards discussion, negotiation and soft law (norms). European Commission, national governments and independent regulatory agencies have pushed formation of regulatory networks in Europe in the late 1990s and early 2000s to harmonise European single market, often in key sectors like telecommunications, financial services and energy. Delegation to these networks has been made both from the Commission and from domestic independent regulatory agencies. However the network governance is limited since these networks are given few formal powers and few resources to cope with their wide range of tasks.

3.2 Institutional arrangements

A case study in Australia (Legacy et.al, 2012) examining two governance models for the delivery of sustainable transport policy with integration between the field of transport and the field of land use, states that even though an organizational integration of different tasks takes place it does not assure that the procedural governance is improving, meaning involvement and information flows between different stakeholders. Usually organizational restructuring are top-down steered and unless cultural and procedural changes are evolved, practical work might not be affected. To encourage cultural and procedural changes, networks are suggested to manage vertical integration from strategy to effectuation, stakeholder base should be enlarged and interaction between groups encouraged.

According to research on the infrastructural mega corridor Randstad – Flemish Diamond, there is need of new institutional arrangements to accomplish a desirable development of major transport corridors. The suggestion is that planning should enhance the inclusion of different actors and disciplines, like regional quality of life (Romein et.al., 2003).

A survey by Vega and Penne (2008), of institutional arrangements to handle planning and development of investments in transport infrastructure in USA, finds that multi-state or mega-region (areas where labour market, transport solutions, city development

etc. are integrated) institutions are a proper basis for strategic decisions. These institutions can be formalized in different ways and none can be pointed out as the universal solution. A regional framework of governance is assumed positive from a policy perspective, but on the other hand raises questions about where regional limits are set, and how regional frameworks are coordinated. Some examples of regional initiatives regarding transport issues in the USA (Vega & Penne, 2008) are:

- The Delta Regional Authority (DRA) that encompasses 240 counties and parishes in Alabama, Arkansas, Illinois, Kentucky, Louisiana, Mississippi, Missouri and Tennessee and is led by a federal co-chairman appointed by the president of the USA and the eight state governors. It aims for better quality of life and strengthened economic development. They hold a grant program which between 2000 and 2005 comprised 48,5 million dollars for different projects. The projects also received funding from other federal funds with 213 million dollar and private funds with 493,4 million dollars.
- The Ohio-Kentucky-Indian Regional Council of Governments (OKI) has just over 100 members from governmental, social and civic groups from nearly 200 communities in the eight county and three-state regions. It also aims for better quality of life and strengthened economic development. OKI has final authority over all federal funding for transport in the region.

A transport governance review in the context of Leeds city region was carried out to find appropriate governance arrangements for future transport planning and delivery (English & Spear, 2009). Some of the general remarks made in the study are that:

- strategic decision making must be balanced by regional and local diversities.
- stronger powers to an organization should call for stronger accountability which might lead to a higher extent of political leadership.
- stakeholders support needs to be secured.
- before a governance scheme is launched it should be clear how decisions are made.

3.3 Coordination

The national level, being in between supranational and subnational levels might be the most appropriate level to manage multi-level planning regarding infrastructure in megacorridors, is brought forward in an article where the infrastructural megacorridor Randstad – Flemish Diamond is studied as an example (Romein, et.al. 2003). This due to that the national level is a player that can raise objections directly to the European Commission. However it is important that the national level does not keep the planning issues to themselves, but invite regional and local interests to participate, together with the national level in other countries, when cross-border corridors are concerned. It is further suggested that a “policy monitor” could be implemented at a corridor level. A policy monitor should note all initiatives in connection to the corridor and disseminate this information to the stakeholders, and also detect possible conflict areas (Romein et.al., 2003).

Interaction and communication between participants is of great importance in multi-actor planning projects. It leads to the need of a new type of expert, a specialized process manager that holds a combined knowledge in problem structuring and problem solving in addition to negotiating skills (Walter & Scholz, 2006).

3.4 Key-factors for consensus and success

The decision-making process in transport policy and investment issues is examined by Giuliano (2008) in the example of the Alameda transport corridor, the construction of a rail transport corridor connecting the ports of Los Angeles and Long beach with transcontinental rail lines, regarded as a successful case. Mostly it is regarded successful bringing stakeholders interests together and forming joint agreements to push the work forward. The corridor was constructed and is now operated by a joint authority. Originally another joint authority was formed with board members from the ports, a regional agency and all eight cities concerned. The board was then reconstructed to consist only of the major financial stakeholders: two ports, a regional agency and two large cities. Separate memorandum of agreements was negotiated with each city respectively. The key factors for reaching consensus without increased expenses were (Giuliano, 2008):

- Major stakeholders had experience from this type of projects.
- The importance of the project was clear.
- Major stakeholders had financial and political power.
- Key public agencies agreed to the project.
- Risks (financial) were identified and distributed among the major stakeholders.
- A strong leadership.

The project emerged from a "bottom-up process". Since the local and regional interests were compatible engagement from many actors were achieved.

Critical success conditions of collaborative planning were explored by Walter and Scholz (2006) in five rather large urban transport planning projects in Gothenburg (Sweden), London (United Kingdom), Milwaukee (United states), Tokyo (Japan) and Mexico City (Mexico). The results implied these critical success factors (Walter & Scholz, 2006):

- Devoted management for the network.
- Large variety of actors.
- Extensive use of *knowledge integration methods* (ways of communicating and learning from each other) in combination with a high network density (many contacts).
- Extensive use of *unilateral methods* (one-way information to prepare the ground for higher involvement).
- Letting the project into ordinary planning procedure.

In Switzerland Sager (2007) studied success factors influencing policy making by reviewing 62 evaluations of transport policy measures. Success consisting of both implementation and effectiveness of the policy measures, in terms of output (products), outcome (changes in behavior of the target group) and impact (effects on actual problem) was studied. Four relevant conclusions were found:

- Public policies, in Switzerland, should be implemented at a medium/high federal level.
- A strong administration is crucial for success. Strong in this case referring to high professionalism, independency, centrally organised and active at supra-local level.
- Policy design. Procedural changes were successful measures.
- Planning consensus, compromise-finding processes in choice of means and implementation.

Overall, politics were found to be of high relevance in production of outputs, but did not matter to the actual effectiveness of the measure. Then the policy design became most important (Sager, 2007).

3.5 Business networks

According to Lorenzoni et.al. (1995), network on the leading edge in business life needs to handle both flexibility in markets and long-term commitments and those networks seem to benefit from strategic guidance and governing from a "strategic centre". The role of this centre is to create value by:

- *Strategic outsourcing* – partners need to be problem solvers and initiators.
- *Capability* – develop competence of partners and make them share their knowledge.
- *Technology* – borrow ideas from others and develop them further.
- *Competition* – encourage positive competition within the network.

The strategic centre is an attractive business partner. Core competencies for the central firm are (Lorenzoni et.al., 1995):

- *The idea* – creating a vision for both the central firm and the participating firms.
- *The investment* – a strong brand and systems for developing and support partners.
- *The climate* – create a climate of trust.
- *The partners* – methods for attracting and selecting partners.

Examples of successful companies that are working strategically in building up partners and their abilities and competencies are Toyota, Nike and Bennetton (Lorenzoni et.al, 1995).

Dyer and Nobeoka (2000) describes how the Toyota production system has dealt with network-level knowledge-sharing processes. They have routines designed to facilitate knowledge transfer, both explicit and tacit knowledge. Toyota subsidized the network when established to be able to give substantial benefits for participating members. The network has also a strong shared identity in the many knowledge-sharing processes connected to it. To prevent "free riders" they have established rules where new members have to agree to openly share knowledge from their production to become part of the network. The most important network-level processes are:

- *the supplier association* (network-level forum for social fellow-ship, sharing norms and generally explicit knowledge),
- *Toyotas operations management consulting division* (a network level unit for handling knowledge collection, storage and spreading, provides free on-site assistance to suppliers),
- *voluntary small group learning teams* (sub-network forum for smaller groups of suppliers)
- *inter-firm employee transfer.*

There are many ways of communication that creates a high inter-connectedness among members in Toyotas network. Toyota also works with rotating memberships in groups and scanning best practices outside Toyota to bring new knowledge in to this strong tie network (Dyer & Nobeoka, 2000).

Gulati and Singh (1998) have studied why different types of inter-firm alliances are chosen, with few or many hierarchical controls, two important factors has shown to be *coordination costs* and *appropriation concerns*. Coordination costs consist of the work

of sharing tasks, coordination to accomplish the whole task and communication costs between organizations. Appropriation concerns originate from behavioural uncertainty and contracting problems. Authority structures in hierarchical governance forms of alliances usually consist of plans, rules, programs and procedures. This simplifies decision-making, prevent disputes and decrease the need of communication. Analyses of 1 570 alliances in USA, Japan and Europe (Gulati & Singh, 1998), from 1970 to 1989, showed that the greater anticipated coordination costs the more hierarchical governance structure was used. Trust was captured in several ways. Repeated ties between the firms lowered the use of hierarchical structures. There was greater trust between local alliances than cross-regional alliances in Europe.

3.6 Processes for creating management structures

There are several alternative forms to deal with regional and mega-regional planning and transport infrastructure development and financing. It seems difficult to find a universal structure (Vega & Penne, 2008). It depends on the context and the stakeholders involved.

Performance measurement frameworks are mainly used with a managerial purpose, ensuring progress of the work towards specified goals. Pei et.al., (2010) reviews different performance measurement frameworks and describes the performance prism framework which incorporates stakeholders interests in a broad sense. The perspectives are:

- *Stakeholders satisfaction.* Who are the key stakeholders and what are their interests?
- *Strategies.* What strategies must be developed to satisfy the key stakeholders?
- *Processes.* What critical processes are required for the strategies?
- *Capabilities.* What capabilities are needed for the critical processes?
- *Stakeholder contribution*. What contributions from stakeholders bring forward these capabilities?

By using this model different stakeholders interests are recognized and connected to a common path towards improvement (Pei, et. al. 2010).

Back-casting is another known method where goals and future targets are visualized and the path to reach these future objectives is elaborated. In a scenario study, planning for green mobility in Bromma, Sweden, four approaches to handle actors in these studies were made (Wangel, 2011).

- Stakeholder analysis approach. To find who actually is a stakeholder, actors can be categorized. Categorizing could be done by grouping stakeholders due to their influence /attitude, if they are affecting, being affected or both or being supportive or not etc.
- Social network approach tries to describe the social interrelations between participating stakeholders. This analysis can become quite personal, looking into current interactions, informal relations and earlier conflicts. The relations are also dynamic over time.
- Governance model approach can be approached to either an existing governance model or to a process of synthesizing a new governance model. A basis for reflections is created by formulating questions like “How are goals set? How are decisions made

- Policy and change approach is taking into account different restraints in reality when change is being made. An example of this approach is a policy window - within a certain time frame different streams of problems, policies and politics where different actors are involved can be joined in a favourable way.

Vega and Penne (2008) describes how lobby interests have pushed for an incorporation of regional approaches to federal and local transport planning in USA. The federal government has then launched a corridor program, conducted from the department of transportation. The corridor program initiative encourages public-private partnerships regarding development, management and financing of transport corridors. When a corridor is included in the Corridor program a process starts where states, municipalities, native interest organizations and federal agencies draw a Corridor program development agreement. By this agreement all different actors (both public and private) make a commitment to the corridor and settles responsibilities about financing, planning process, operations, maintenance and more. It also includes objectives of the corridor and performance measures. The states and the transport department are making formal agreements that in detail determine the commitment of federal, state and local governments and how the private sector is anticipated to contribute.

In creating new firms, causation, which is an ordinary decision process, can be complemented by effectuation. Sarasvathy (2001) explains that the causation process has set an effect or goal in the beginning and focus is on selecting means to get there. An effectuation process on the other hand, has a set of means to starts with and then focuses on selected effects or goals that can be created with that set of means. The general overarching goal can however be the same. Effectuation makes it easier to be more flexible in changing goals over time and making use of contingencies as they arise. Causation processes focuses on the predictable in the uncertain future, while effectuation processes focuses on the controllable in the uncertain future. To refer to a simplified example (Sarasvathy, 2001): If there is a firm trying to get into the market in a causation process it analyses the market carefully, make strategies to capture market shares, and starts. The market is independent of the firm. In an effectuation process the firm together with others create a market themselves by getting enough stakeholders and let them buy into the firm. A network of partnerships and pre-commitments form the market.

Regarding the transport governance review in the context of Leeds city region, according to English and Spear (2009), partner authorities and stakeholders influence has been important during the entire process, to ensure smooth implementation. In the first stage the scope of the study was agreed upon and the scope consisted of relation to other bodies, governance and decision-making structure, geographic coverage, funding sources and timing (when specific reforms could be implemented). At the second stage other similar initiatives were analysed, in the United Kingdom and internationally. Interviews were also held with stakeholders. In the third stage, which is in progress, governance models are being presented to guide the discussions between stakeholders.

4 Discussion

When further developing the regulation from the European Commission in creating transport corridor management structures, the above presented research gives advices from a large amount of examples, where consistency between examples strengthens the message.

Table 1 Overview of main results presented in 3.1-3.7

Passage	Keywords	References
Governance and governance networks	Broad joint action, negotiation, delegation followed by powers.	Giuliano, 2007; Romein et.al. 2003; Coen & Thatcher, 2008.
Institutional arrangements	Procedural changes, inclusion, multi-state/multi-regional framework, balance regional/local diversities, accountability.	Legacy et.al, 2012; Vega & Penne, 2008; English & Spear, 2009.
Coordination	National level key player, policy monitor, process manager.	Romein et.al. 2003; Walter & Scholz, 2006.
Key-factors for consensus and success	Agreements, treaties and policy initiatives, strong leadership, strong major stakeholders, strong administration, stakeholders support, actor diversity, integrating in regular processes, communication, compromises, procedural changes.	Romein, et.al. 2003; Giuliano, 2008; Walter & Scholz, 2006; Sager, 2007.
Business networks	Strategic centre, network level processes for high inter-connectness, greater trust- less need of hierarchy.	Lorenzoni et.al., 1995; Dyer & Nobeoka, 2000; Gulati & Singh,1998.
Processes for creating management structures	No universal method, stakeholders interests, performance prism, back-casting. Corridor program development agreement, causation and effectuation processes, stakeholders inclusion.	Vega & Penne, 2008; Pei, et. al. 2010; Wangel, 2011Sarasvaty, 2001; English & Spear, 2009

4.1 Important considerations in creating transport corridor management structures

A coordinator, policy monitor, or process manager with negotiation skills could be fruitful to disseminate information between stakeholders and be a first level for handling disputes. This is something the European Commission already decided on for

the network corridors. This should be a possibility also for the other transport corridors in the core network.

When creating a network with a coordinator and a set of tasks, powers and resources must follow it up. This has specifically to be considered when it is a transnational corridor platform where procedures and responsibilities can differ between countries. With strengthened powers there is also a need for higher accountability.

A governance structure should be procedural, not just organizational. Otherwise there is a risk for work going on as usual. A new structure must be connected to standard planning processes. The whole chain of action should be involved, from planning to operational issues.

Stakeholders should be involved from the start, in a broad manner. The transport corridor project should be perceived as being of high importance with strong support for the project from public agencies and others, with stakeholders willing to compromise for the importance of the entire project.

The national level is a key player regarding transnational corridors since it can raise objections towards the European Commission. The European Commission has appointed the concerned member states to establish the corridor platforms for the network corridors. For the other corridors in the core network it could be an alternative, but then member states, at this moment, have to decide on cooperation themselves. A strong leadership is however important with a strong and devoted management, and a well-functioning administration with high knowledge. Major stakeholders with experience and powers are desirable.

Communication between actors both in one-way communication and other forms of conferences or group meetings is crucial to create a common path forward. Joint agreements, memorandums, treaties and more, are expected to settle a common view of understanding.

4.2 Finding a method for creating management structures

The performance prism model takes a starting point in the stakeholders needs with asking who the stakeholder is, what the stakeholders want and how to accomplish this with strategies, processes, capabilities and stakeholder contribution. By using the back casting analysis in approaches to handle stakeholders, the stakeholder analysis is very interesting, finding out who is stakeholder, similar to the first step of the performance prism model. The back casting - social network approach is anticipated to be more useful with an existing network where there are social interrelations to be evaluated. The back casting - governance model approach is quite similar to the performance prism model, where questions are formulated for reflection how to synthesize a governance model. The back casting - policy and change model is not suitable in this particular case since it has already been decided to bring the transnational transport corridors forward in the EU. With the stakeholder perspective as a base the bottom-up process might be able to meet the top-down process the creation of the transnational transport corridors really are.

The corridor state program initiative in USA has several similarities with the European Union initiative, encouraging public-private partnerships, management and financing of transport corridors. The formal agreement made at the start of the developing process between different actors on responsibilities and contributions of

different actors and objectives of the corridor, including performance measures, is an interesting approach that needs to be considered.

So far the European Commission has used a causation process for the network corridors, where the corridor platforms shall outline development plans, including investments and implementation. With a regulation comprising all actors there is clearly a will to enforce the transport corridors over Europe. An effectuation approach could however be used as a complement in implementation to strengthen the set objectives even further and make use of stakeholder engagement. Discussing with the stakeholders what they can and what they want to contribute with and building strong partnerships in the direction of the overall goal.

The Leeds case shows clearly the importance of including stakeholders in a changing process. Formalized partnerships between authorities are used also in this case.

Finally, the Toyota model as an example of a strategic centre gives inspiration from business life to this public authority driven project. The strategic centre partner might be interpreted as the lead organization, the member states, for the network corridors. They create a vision, make it an investment to join, encourage trust and actually choose the partners. The strong role of communication to harmonise the thoughts of the future and strengthen competencies are effectuated through many network activities and connections between partners. A broad network level forum makes it possible to reach many stakeholders. With several specific topic committees issues like financing and planning can be prepared in smaller groups. A secretariat can provide information and help to stakeholders, and smaller sub-networks can be formed for specific demonstration projects.

5 Conclusions

Designing a management structure, suitable to a specific task in a specific time, is to a large extent effected by the contextual settings. Designing a methodology to design management structures needs to account for different factors of contextual character that influence the managements outcome and impact.

To sum up the discussions of this paper, future work must specifically address three areas of importance. First, a broad stakeholders inclusion, clarifying who they are and what desires they have and how they can be strengthening the project. Formalized partnerships in agreements are suggested. Second, ensure several ways of communication between stakeholders to facilitate common progress, larger information conferences mixed with smaller operational groups for specific topics. Third, complement the dominant causation processes with effectuation processes to capture the stakeholders own driving forces towards common goals.

This paper can be used for discussions on how to proceed in creating management structures for transport corridors in Europe. Further literature studies are foreseen, especially in the area of network governance, and further research is needed on how other sources can contribute to prosperous corridor management structures, like connection to other EU initiatives (for example directive on competitive Rail freight management), experiences from on-going transnational projects regarding transport corridors. Proposals on how to manage the challenges and hindrances can be charged in a management model of transnational transport corridors.

ACKNOWLEDGEMENT

The research described in this paper was conducted with support from the Swedish Transport Administration and within the on-going project BGLC – Bothnian Green Logistic Corridor, which is partly financed by the EU via the Baltic Sea Region programme 2007-2013.

The author wants to thank professor Mats Westerberg and associate professor Sara Thorgren at Luleå Technical University, Sweden, for help in suggesting appropriate literature within the field of management and organization in relation to transport.

The author also wants to thank associate professor Charlotta Johansson, PhD Cathrine Wilkinson and professor Kristina Nilsson at Luleå Technical University, Sweden, for valuable comments on this article.

REFERENCES

Coen, D. & Thatcher, M. 2008, "Network governance and multi-level delegation: European networks of regulatory agencies", *Journal of public policy*, vol. 28, no. 01, pp. 49-71.

Dyer, J. & Nobeoka, K. 2000, "Creating and managing a high-performance knowledge-sharing network: The Toyota case", *Strategic Management Journal*, vol. 21, no. 3, pp. 345-367.

English, J. & Spear, J. 2009, "Reviewing transport governance: the case of Leeds, UK", *Proceedings of the Institution of Civil Engineer, Municipal engineer*, vol. 162, no. 3, pp. 141-148.

European Commission, 2011, map of core transport network, web-page: http://ec.europa.eu/transport/infrastructure/revision-t_en.htm

European Commission, 2011, Proposal for a regulation of the European parliament and of the council on union guidelines for the development of the trans-European transport network, COM/2011/0650 final/2-2011/0294(COD). Brussels.

European Commission, 2011, White paper, Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system, COM (2011) 144 final, Brussels.

Ferrari, C. 2011, "Italian ports: Towards a new governance?", *Maritime policy and management*, vol. 38, no. 3, pp. 335-346.

Giuliano, G. 2008, The changing landscape of transportation decision making, Transportation Research Board, Commission on Sociotechnical Systems, National Research Council, National Academy of Sciences, Washington.

Gulati, R. & Singh, H. 1998, "The architecture of cooperation: Managing coordination costs and appropriation concerns in strategic alliances", *Administrative Science Quarterly*, vol. 43, no. 4, pp. 781-814.

Legacy, C., Curtis, C. & Sturup, S. 2012, "Is there a good governance model for the delivery of contemporary transport policy and practice? An examination of Melbourne and Perth", *Transport Policy*, vol. 19, no. 1, pp. 8-16.

Lorenzoni, G. & Badenfuller, C. 1995, "Creating a strategic center to manage a web of pertners", *California management review*, vol. 37, no. 3, pp. 146-163.

National library of Sweden, about Libris, web-page: http://librishelp.libris.kb.se/help/about_libris_eng.jsp?redirected=true&pref_is_set=false&textsize=&contrast=&language=en [2012-08-07]

Pei, Y., Amekudzi, A., Meyer, M., Barrella, E. & Ross, C. 2010, "Performance Measurement Frameworks and Development of Effective Sustainable Transport Strategies and Indicators", *Transportation Research Record*, vol. 2163, no. -1, pp. 73-80.

Romein, A. 2003, "The multi-scalar complexity of infrastructure planning: Evidence from the Dutch-Flemish megacorridor", *Journal of Transport Geography*, vol. 11, no. 3, pp. 205-213.

Sager, F. 2007, "Making transport policy work: polity, policy, politics and systematic review", *Policy and politics*, vol. 35, no. 2, pp. 269-288.

Sarasvaty, S. 2001, "Causation and effectuation toward a theoretical shift from economic inevitability to entrepreneurial contingency", *Academy of Management Review*, vol. 26, no 2, pp. 243-263.

Sciverse Scopus, about Scopus, web-page: http://www.info.sciverse.com/scopus/scopus-in-detail/facts [2012-08-07]

Thomson Reuters, about Web of Science, web-page: http://thomsonreuters.com/products_services/science/science_products/a-z/web_of_science/ [2012-08-07]

Vega, H. & Penne, L. 2008, "Governance and institutions of transportation investments in US. Mega-regions", *Transport*, vol. 23, no. 3, pp. 279-286.

Vickerman, R. 2008, "Multi-level policy making in transport: The problems for border regions", *International journal of public policy*, vol. 3, no. 3/4, pp. 228-245.

Walter, A. & Scholz, R. 2007, "Critical success conditions of collaborative methods: a comparative evaluation of transport planning projects", *Transportation*, vol. 34, no. 2, pp. 195-212.

Wangel, J. 2011, "Change by whom? Four ways of adding actors and governance in backcasting studies", *Futures*, vol. 43, no. 8, pp. 880-889.

Utredning och provning av kostnadseffektiva metoder för bullerminimering av spårfordon

Rickard Nilsson[1], Martin Almgren[1], Ulf Bik[1], Åke Alexandersson[2], Charlotte Nilsson[3], Ingemar Persson[4], Jon Sundh[5] och Peter Torstensson[6]

[1]Stockholms Läns Landsting, Trafiknämnden
105 73 STOCKHOLM Sverige, E-mail: förnamn.efternamn@sll.se

[2]Atkins Sverige AB, 182 32 DANDERYD Sverige,
E-mail: ake.alexandersson@atkins.se

[3]ÅF Ljud & Vibration, 169 99 SOLNA Sverige,
E-mail: charlotte.nilsson@afconsult.se

[4]DEsolver AB, 831 92 ÖSTERSUND Sverige,
E-mail: ingemar.persson@desolver.se

[5]Interfleet Technology AB, 171 11 SOLNA Sverige,
E-mail: jon.sundh@interfleet.se

[6]Chalmers Tekniska Högskola, Tillämpad mekanik
412 96 GÖTEBORG Sverige, E-mail: peter.torstensson@chalmers.se

1 SYFTE

Den här artikeln avser att för ett befintligt spårtrafiksystem översiktligt beskriva olika bullerreducerande åtgärders effekt, deras ekonomiska aspekter samt indirekt inverkan på systemet och dess omgivning.

2 BAKGRUND

SL (AB Storstockholms Lokaltrafik) arbetar aktivt för att minska tågtrafikens störning till omgivningen, med den långsiktiga strävan att hela SLs spårsystem ska innehålla riktvärden för ny- och ombyggd järnväg enligt infrastrukturpropositionen [1]. Ett viktigt medel för att nå denna ambition är succesivt byte av fordonsparken till nya och tystare fordon, detta kommer dock inte ge tillräcklig bullerreduktion, ytterligare åtgärder kommer att krävas. Beroende på problembilden kan det innebära att en enstaka åtgärd eller flera åtgärder i kombination behöver tas till. För att kartlägga, utvärdera och skapa kunskap om olika åtgärdsalternativ har SL därför arbetat långsiktigt och systematiskt med att utvärdera ett antal olika metoder.

En viktig aspekt i sammanhanget är att då SLs spår till stor del går mycket nära bostäder är det önskvärt att hitta effektiva bullerskyddsåtgärder med så liten påverkan som möjligt avseende landskapsbild och barriäreffekt. Med hänsyn till ägardirektivet om ekonomi i balans är det även viktigt att se till total nytta relativt total kostnad vid val av åtgärd.

3 KARTLÄGGNING

Som utgångspunkt för bedömning av var och i vilken omfattning bullerskyddsåtgärder sätts in utgår SL från beräknad kartläggning av buller. I fall där avvikelser från beräkning kan befaras kan beräkningen även kompletteras med mätning.
Då den beräknade bullerkartläggningen inte tar hänsyn till ljud från kurvskrik har SL även genomfört en bedömning inriktad på att skapa en översiktlig bild av situationen.

Kvantifiering av kurvskriksproblematiken är osäker då både ljudnivå och risken för att kurvskrik uppkommer är svår att förutsäga eftersom den beror på många olika parametrar. För att utöka kunskapen i frågan har SL valt att kartlägga kurvskriken genom en kombination av långtidsloggning i utvalda positioner och en fordonsbaserad mätning utmed en hel bana.
Den fordonsbaserade mätningen genomfördes genom att montera mikrofoner i närheten av hjulen i sex positioner på ett tåg. På så sätt uppnåddes god säkerhet i att eventuella skrikljud skulle detekteras, samtidigt som kunskap om vilken sida av fordonet som hade dominerande störning kunde bedömas. Resultaten visar att risken för skrikljud är störst i fordonets ledande boggi och på innerhjulet i snäva kurvor, vilket också stämmer överens med den allmänt vedertagna teorin. Utöver detta detekterades ibland även hjulskrik från ytterrälen i snäva kurvor, i kurvor med stor radie samt på rakspår, dessa observationer återstår att förklara.
Långtidsloggningen genomfördes primärt genom detektering av vibrationsnivåer i rälen, då detta bedömdes ge mindre störningskänslig information än mätning av ljud. Mätningen kunde därigenom täcka en relativt lång sträcka och triggnivåer för detektering av fordon underlättades. Långtidsloggningen väntas därmed ge information om hur ofta skrikljud förekommer, samt ge viss möjlighet till koppling mellan skrikljud och väderförhållande.

4 HJUL- OCH RÄLPROFILER

Formen hos hjul- och rälprofiler har, tillsammans med framför allt fordonets primärfjädring, avgörande betydelse för hur spårfordon styr i spår. Detta inverkar i sin tur starkt på ljudgenereringen men även på krafter mellan fordon och bana.

4.1 Teori

Hjulskrik kan uppstå i snäva kurvor till följd av reducerad styrförmåga orsakad av ej optimal form hos hjul- och rälprofiler. Reducerad styrförmågan kan resultera i att hjulparen inte styr självt utan att flänskraften på yttre ledande hjul blir tvungen att skjuva hjulparet lateral inåt i kurvor. Denna rörelse ger upphov till stora laterala glidhastigheter i kontaktytorna. När glidningshastigheten är stor blir kontaktpunkten het och friktionkoefficienten mellan hjul och räl avtar. När detta förhållande uppstår betyder det att ju högre glidhastigheten är desto lägre blir krypkraften. Denna effekt gör att kontaktpunkten mellan hjul och räl verkar som en viskös dämpare med negativ dämpkoefficient. Den negativa dämpkoefficienten gör att olika egensvängningsformer i hjulpar och spår lätt kan exciteras. Då hjulens sidor har en relativt stor area fungerar hjulsidorna, när de kommer i svängning, som effektiva avstrålare av ljud.

4.2 Bakgrund

Tidigare användes på tunnelbanenätet hjulprofil S1002 och rälsprofil BV50 med en rälslutning på 1/40. Dessa två profiler passar inte riktigt bra till varandra, vilket medförde att spänningskoncentrationen på rälshuvudets skuldror blev så hög att det bildas utmattningssprickor. För att inte sprickorna skulle växa för djupt och risk för urspårningar skulle uppstå slipades rälerna med ett s.k. sliptåg. I samband med slipningen beslutades även att slipa ned rälprofilens skuldror så rälhuvudet skall påminna om en rällutning på 1/30 fast med en minustolerans på 0.5 mm. Denna extra slipning på rälens skuldror utfördes för att undvika kontakt i detta område, och därmed förhindra att sprickor skulle kunna utvecklas.
Dock minskar räler med låga skuldror hjulparens styrförmåga i kurvor. Den utförda rälslipningen gjorde därmed att hjulparen lättare genererar höga ljudnivåer från hjulen i form av hjulskrik.

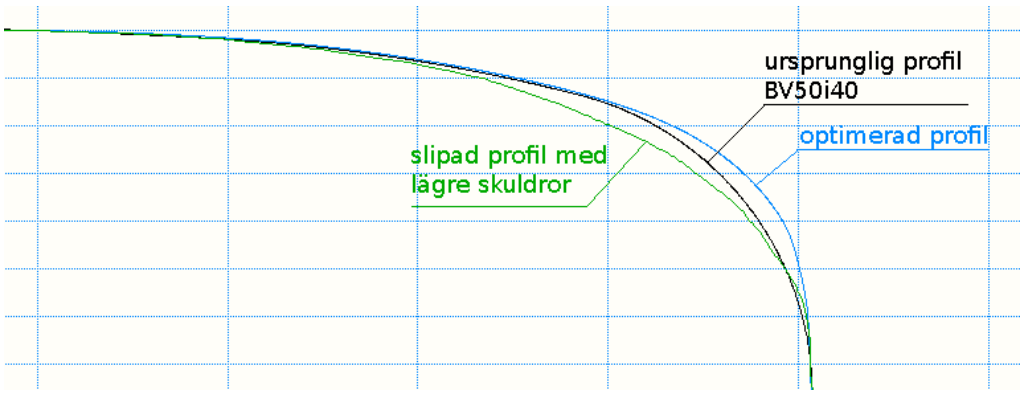
Förutom den högre ljudnivån från hjulen så ökade även slitaget på hjul och räl, vilket ställde höga krav på att rälsmörjningen alltid fungerade. Men att smörja rälen för mycket är inte heller bra, då ökad smörjning ger ökad risk för hala spår. Det kan i sin tur öka risken för hjulplattor samt slirsår på rälen, vid extremfall kan det även orsaka säkerhetsrisker genom att bristande bromsförmåga erhålles.

4.3 Metod

För att lösa problemen med ljud, flänsslitage och hala spår fanns två handlingsalternativ: Utveckla en ny hjulprofil som är anpassad till de slipade rälsprofilerna eller ändra sliptågets inställning så att en rälsprofil som passar mot hjulprofil S1002 erhålles. Det första alternativet var dock inte praktiskt ty på nylagda sträckor med nya räler skulle det bli problem med höga kontakttryck och risken att åter få tillbaka utmattningssprickorna skulle öka. Därför valdes den andra metoden, att ta fram en ny rälsprofil som passar mot hjulprofil S1002, se [2].

4.4 Beräkningsresultat

Den framtagna rälsprofilen, benämnd optimerad profil, påminner i sitt utseende om orginalprofilen BV50 men har bredare skuldror. Med bredare skuldror minskas yttrycket och risken för att utmattningssprickor bildas. Figur 1 visar de tre olika rälprofilerna.



Figur 1 De tre olika rälsprofilerna. Ursprunglig profil BV50 med rälslutning 1/40 är ritad med svart penna. Slipad rälprofil med minustolerans på skuldran är ritad med grön penna. Den nya optimerade profilen är ritad med blå penna.

Beräkningar har visat att den nya rälprofilformen har gynnsamma egenskaper avseende radialstyrningsförmåga och förhoppningen är att den kommer att reducera sprickbildning, hjulskrik, slitage och hala spår på tunnelbanenätet.
Målet är att slipa rälerna till den nya formen. När rälernas skuldror börjar bli återställda kommer hjulparen att styra bättre, därmed kan smörjningen reduceras vilket i sin tur ger ytterligare bättre radialstyrningsförmåga. Detta gör att den laterala glidhastigheten minskar och därmed minskar risken för hjulskrik. Med minskad rälsmörjning minskas även risken för hala spår och hjulplattor.
Störst effekt med den nya rälsprofilformen förväntas uppnås på den gröna tunnelbanelinjen. Den trafikeras huvudsakligen av C20, som har mjuka primärfjädrar vilka tillåter hjulparen att individuellt självstyra i kurvorna. De äldre fordonen CX har styva primärfjädrar och tillåter inte enskilda hjulpar att styra, men genom den nya rälsprofilen med bredare skuldra kommer ändå hela boggin att styra upp bättre.

5 BROMSBLOCK

5.1 Teori och bakgrund

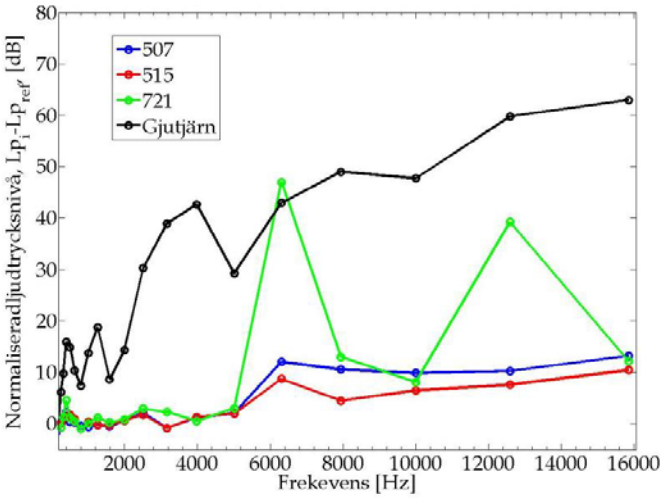
Bromsblock tillverkade i gjutjärn genererar råare ytor på hjulens löpbana, när de vid bromsning pressas mot dessa, än vad bromsblock av kompositmaterial gör. Ökad ytråhet ger i sin tur upphov till förhöjd excitation av hjul och räl när hjulen rullar över rälen, detta leder då till kraftigare ljudgenerering och därmed förhöjda ljudnivåer. De anses även kunna generera höga skrikljud (bromsskrik) när de kommer i kontakt med järnvägshjul.
Vidare nöts bromsblock av gjutjärn förhållandevis snabbt, relativt tex bromsblock av kompositmaterial. Detta leder dels till kraftig partikelbildning, vilket förorenar både omgivande miljö och tågvagnar, dels till att de i dagsläget måste bytas ut med ett ca fem gånger så tätt intervall, vilket medför högre verkstadskostnader.
På Roslagsbanan bedrivs trafiken med äldre fordon utrustade med bromsblock tillverkade i gjutjärn. Av trafikbehovsskäl samt brist på ersättningsalternativ kommer fordonen att behöva vara kvar i trafik under många år till. Därmed är det önskvärt att byta ut dagens material i bromsblocken till ett kompositmaterial. Tidigare erfarenheter från försök med bromsblock av kompositmaterial har dock varit att det är svårt att bibehålla tillräcklig friktion mellan hjul och bromsblock vid låga temperaturer i kombination med snö, vilket resulterat i säkerhetsrisker eftersom bristande bromsförmåga erhållits.

5.2 Metod

Utifrån dessa anledningar har SL låtit Kungliga Tekniska Högskolan under kontrollerade former utföra laboratorieprover av olika alternativa kompositmaterial, med syfte att hitta ett ersättningsmaterial till gjutjärn. Avsikten vid dessa prov har varit att mäta friktionen mellan hjulmaterial samt olika kompositmaterial, studera kontaktytorna samt i viss mån att även mäta ljudgenereringen. Eftersom proven utfördes inuti en klimatkammare medgav det att de kunde göras vid kontrollerade temperatur- och luftfuktighetsförhållanden. För själva proven användes en tribometer där friktionen mellan en roterande skiva av hjulmaterial samt en stationär pinne av olika kompositmaterial mättes.

5.3 Friktion och ljudreducering

Resultaten visar att av de provade kompositmaterialen, benämnda 507, 515 och 721 samt med gjutjärn som referens, var det ett, 515, som över lag erhöll bra värden, se [3]. Det gav både bra grundvärde på samt, efter applicering av snö i kontakten, snabb återhämtning av friktionen. Vidare genererade det slätare ytor samt lägre ljudnivå under själva provförhållandet jämfört med proverna av gjutjärn, se Figur 2.



Figur 2 Normaliserad ljudtrycksnivå i tersband; blå - 507, röd - 515, grön - 721 och svart - gjutjärn. Normaliserad med ljudtrycksnivån för fallet med tribometern igång men utan kontakt mellan skiva och pinne.

Vad gäller ljudgenereringen kan det vara svårt att koppla detta nedskalade prov till det verkliga fallet, där fler komponenter med andra geometrier kommer in. De uppmätta ljudnivåerna i testkammare kan eventuellt ses som en indikation på de olika materialtypernas förmåga att generera ljud vid bromsaktivering.
Under perioden sommaren 2013 till våren 2014 planeras fullskaliga prov på Roslagsbanans X10p fordon med bromsblocksmaterial av typ 515 för vidare utvärdering avseende framförallt bromsförmågan vid olika klimatförhållanden.

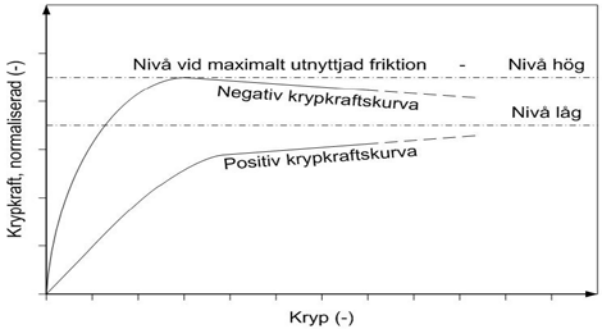
6 FRIKTIONSMODIFIERARE

Friktionsmodifierare är i princip ett smörjmedel för hjul/räl-kontakten men dess komposition är anpassad för att vissa specifika friktionsegenskaper skall uppnås. De egenskaper som önskas uppnå kan variera från system till system samt beroende på plats- och tidsberoende förhållanden. I detta avsnitt behandlas endast friktionsmodifierare i syfte att reducera ljud och vibrationer genererade av hjul/räl-kontakten i snäva kurvor.

6.1 Teori

Friktionsmodifierare i det här sammanhanget används för att erhålla en specifik friktionsnivå samt en positiv lutning på krypkraftskurvan, se Figur 3, för kontakten mellan hjulets löpbana och rälens farbana, se [4]. Detta kan vara önskvärt för att få ett gynnsamt kraftsamspel mellan hjul och räler och/eller för att förhindra att negativ dämpning uppstår i hjul/rälkontakten. Ett gynnsammare kraftsamspel mellan hjul och räler kan leda till reducerad risk för flänsklättring och/eller reducerad risk för kraftig nötning fläns ytterhjul/farkant ytterräl, se [5]. Detta kan i sin tur inverka på ljudbilden från kontakten mellan hjulfläns och farkant på ytterrälen i kurvor, se [6]. Den negativa dämpningen i kontakten uppstår till följd av negativ (lutning på) krypkraftskurva. Positiv krypkraftskurva i stället för negativ sådan innebär positiv dämpning av svängningar i hjulet och förhindrar därmed att odämpade egensvängningar uppstår. Dessa odämpade egensvängningar ger annars upphov högfrekvent hjulskrik. En annan fördel med friktionsmodifierare och rätt smörjstrategi i övrigt, ej diskuterad vidare här, är att risken för rullkontaktutmattning, och där med associerad sprickbildning, kan reduceras, se [7].

Ett specialfall av friktionsmodifierare är ytbeläggning av hjul och/eller räl med någon typ av solitt material för att uppnå en önskad friktionsegenskap. I [8] presenteras resultat från laboratorieprov vilka visar på att tex rostfritt stål delvis kan ge önskvärda egenskaper för att reducera risken för hjulskrik. I London och Göteborg används denna metod, dock med olika tekniska lösningar avseende applicering, för att uppnå just denna effekt. Inledande prov har även genomförts av SL men givit mer tveksamma resultat.



Figur 3 Krypkraftskurvor för två olika friktionsförhållanden; hög nivå med negativ lutning respektive låg nivå med positiv lutning.

Det som friktionsmodifierare påverkar i första hand är de krypkrafter som utvecklas i kontakten mellan hjul och räl. Det är dessa krypkrafter som möjliggör för hjulpar att styra genom kurvor. Emellertid utvecklas dessa krafter ibland på bekostnad av omfattande bullergenerering och spårskador. På grund av det sistnämnda har man funnit att den förväntade livsländen hos innerrälen i snäva kurvor är mindre än hälften av den på rakspår [9]. En typ av rälskada med särskild relevans för bullergenereringen kallas rälkorrugering. Denna uppkommer på innerrälens huvud på grund av fluktuerande nötning och observeras som en vågform på farbandet. Rälkorrugering leder vid låga trafikhastigheter till ökad lågfrekvent bullergenerering/markvibbrationer och i värsta fall även till skador på spår, fordon och omgivning. Med minskad kurvradie riktas den resulterande krypkraften i kontakten mellan det första hjulparet i en boggi och innerrälen tvärs spåret. Hjulets känslighet för en sådan excitering är orsaken till det högfrekventa skrikljud som är relativt vanligt förekommande på tunnelbane- och spårvagnsnät, jämfört med traditionell järnväg. I [10] redovisas en bullernivå på strax över 90 dB vid ett avstånd på 7.5 m från en snäv kurva på SLs tunnebanenät. Vidare visar bullermätningarna tydligt det bredbandiga störande buller som blir resultatet av samtidig förekomst av rälkorrugering, kurvskrik samt flänskontakt.

6.2 Ljudreducering

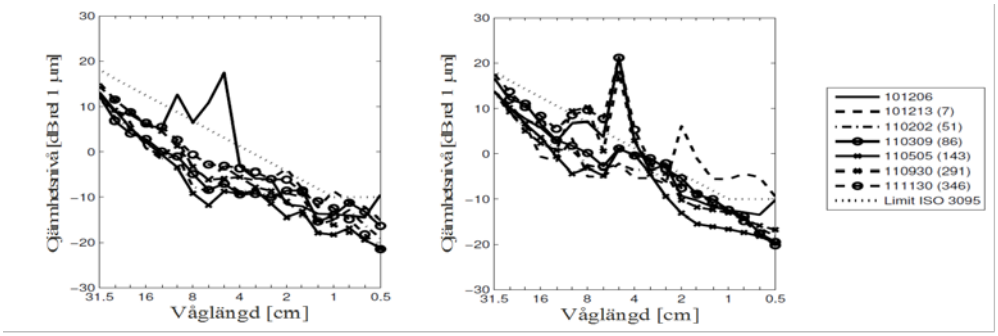
SL har genomfört ljudmätningar i snäva kurvor i både prov- och trafikspår vid förhållande med enbart användande av traditionell farkantssmörjning samt kompletterad med friktionsmodifierare i löpbanekontakt på innerrälen respektive innerrälen och ytterrälen. Resultaten visar på markant reducering både vad avser ekvivalent ljudnivå under en fordonspassage samt maximal ljudtrycksnivå för frekvenser mellan 1 000 och 10 000 Hz. Det senare beror på att det högfrekventa hjulskriket helt eliminerats. Resultat från ljudmätning vid prov med fordon i en snäv kurva redovisas i Tabell 1. Utifrån den kan man konstatera att ljudreduktionen blev störst vid applicering på både ytter och innerräl. Man kan även se att reduktionen blev störst för de äldre fordonen (CX), vilka har sämre radialstyrningsförmåga, jämfört med de modernare fordonen (C20).

Tabell 1 Medelvärden av uppmätta maximala ljudnivåer (dBA) samt ljudreducering för olika fordon vid olika grad av applicering av friktionsmodifierare.

Fordon	Innerräl			Innerräl och Ytterräl		
	Utan	Med	Reducering	Utan	Med	Reducering
CX	114,5	101,0	13,5	114,5	96,5	18,0
C20	-	-	-	100,9	89,6	11,3

6.3 Rälkorrugering

Kort efter öppnandet av Vancouvers tunnelbana 1986 befanns 85 % av spåret vara korrugerat [11]. Problemet löstes delvis genom utvecklandet av en så kallad friktionsmodifierare. Med hjälp av denna kunde den tillgängliga friktionen mellan hjul och räl sänkas samtidigt som inte säkerheten (med avseende på bromssträcka) inskränktes betydligt. Friktionsmodifierares inverkan på rälkorrugeringsbildning har undersökts i en mätkampanj på en kurva utsatt för svår korrugering på SLs spårnät. På platsen är södergående och norrgående spår konstruerade bredvid varandra. Friktionsmodifierare applicerades på innerrälen vid det södergående spårets ingång i kurvan samtidigt som det norrgående spåret lämnades orört. Figur 4 visar tersbandsspektrum över rälojämnhet uppmätt under ett års tid på båda spåren. Mätningen före rälslipning (datum 101206) visar tydlig korrugering vid ca 5 och 8 cm på båda spåren. Resultaten för det södergående spåret, se Figur 4 (a), demonstrerar hur friktionsmodifieraren effektivt förhindrar återväxten av korrugering efter rälslipning,



(a) (b)

Figur 4 Tersbandsspektrum över rälojämnhet mätt på: (a) södergående och (b) norrgående spår. Datum samt antal dagar efter rälslipning då mätningen utfördes.

6.4 Risker och miljö

Vid användande av friktionsmodifierare är det viktigt att man känner till vilken friktion trafiksystemet begär för acceleration och retardation respektive vilken tillgänglig friktion man erhåller, även i kombination med yttre störningar. Utöver detta måste behovet av spårledningssignaler mellan fordon och bana klargöras. Om man är beroende av dessa får inte friktionsmodifieraren elektriskt isolera fordonen från banan. En annan viktig aspekt vid användande av friktionsmodifierare, liksom alla smörjmedel för hjul/räl-kontakten, är att det till 100 % förs ut ur systemet och in i den omgivande miljön. Därmed är det också väsentligt att erforderlig miljöhänsyn tas vid val av friktionsmodifierare.

6.5 Ekonomi

Vid de försök SL bedrivit i tunnelbanans trafikspår har kostnaderna i stora drag sett ut enligt Tabell 2.

Tabell 2 Ungefärliga installations- och driftskostnader för en friktionsmodifieraranläggning.

	Engångskostnad (kkr)	Årlig kostnad (kkr)
Inköp av utrustning	100 till 150	-
Installation framdragning el	10 till 50	-
övrigt	50 till 100	-
Förbrukningsmaterial	-	50 till 100
Skötsel	-	20 till 50
Summa:	160 till 300	70 till 150

De i Tabell 2 redovisade kostnaderna kan ställas mot kostnader för andra åtgärder, en och en eller i kombination med varandra, beroende på hela problembilden samt önskvärda resultat. För det tidigare nämnda exemplet med mätning av rälkorrugering i en snäv kurva i tunnelbanan blir alternativet åtminstone två slipningar av rälen per år. Beroende på korrugeringsskadans omfattning varierar idag slipningsproduktiviteten mellan 250 och 700 m per skift. Sammantaget innebär det att den aktuella kurvan skulle kosta ungefär 150 000 kr att slipa per år. Till denna kostnad får man då också lägga materialbortfallet på rälen till följd av slipningen samt även det kraftigare farkantsslitaget. För att komma tillrätta med störningarna från det högfrekventa hjulskriket måste dessutom någon kompletterande åtgärd vidtas. När det gäller användande av friktionsmodifierare finns å andra sidan risken att det inte löser hela problembilden, varken när det gäller totala ljudbilden eller rälskadorna.

7 HJULDÄMPARE

7.1 Bakgrund

Syftet med hjuldämpare är att minska rullningsljudet från fordonen, men även att reducera risken för uppkomst och nivåerna från kurvskrik. Den subjektiva erfarenheten från tunnelbanans fordon C20 är att hjuldämparna i huvudsak har varit väl fungerande. Senare kontrollmätningar har dock visat att vissa av dämparna idag, efter ca 15 års användning, har mycket begränsad effekt, medan andra dämpare verkar fungera bra. Anledningen till att vissa dämpare idag inte har någon dämpande funktion är ej klarlagd. För att kunna byta ut ej fungerande dämpare, samt i förlängningen hitta orsaken till detta, utreder SL för närvarande metoder för snabb bedömning av dämparnas status.

För att åtgärda problemet med buller från trafiktågen på Roslagsbanan har SL i samarbete med Luchini under 2011 och 2012 testat eftermonterade hjuldämpare på ett trafiktåg.

7.2 Ljudreducering

Vid ett första försök pekade mätresultaten på en dämpning av rullningsljud om ca 1 dB. Efter uppdatering av hjulkonstruktionen, för att eliminera kopplade resonanser mellan hjul och hjulaxel, mättes under 2012 insatsdämpningen till 2-3 dB. Båda mätningarna

visar på kraftig dämpning av högfrekvent ljud, vilket förändrar karaktären på störningen från ett passerande tåg. Upplevelsen tenderar då att bli att tåget kör långsammare.
Tester har även genomförts i kurva för att bedöma effekten på kurvskrik. Dessa tester har dock inte lyckats visa om dämparna ger önskad effekt eftersom testfordonet inte gav upphov till något skrikljud, vare sig med eller utan dämpare. Samtidigt gav de flesta ordinarie trafiktågen upphov till kurvskrik. En möjlig orsak till detta skulle kunna vara att nysvarvade hjul (nya hjul krävdes för att kunna montera dämparna) radialstyr bra, vilket leder till att skrikljud inte genereras, se vidare kapitel 2. Utifrån dämparnas effekt på den generella ljudnivån, bedöms det dock sannolikt att de även kan reducera uppkomsten av kurvskrik.

7.3 Ekonomi

Kostnaden för införande av hjuldämpare är mycket beroende av hur snabbt åtgärden införs. Bara dämparna bedöms kosta ca 9 000 kr per hjul. För att möjliggöra montering av den av SL utprovade dämparen krävs dock ett nytt hjul. För snabbt införande av åtgärden krävs därför ett forcerat hjulbyte, för varje hjul tillkommer då en kostnad om ca 10 000 kr. Om åtgärden istället införs enligt ordinarie underhållsbehovet väntas det ta ca 10 år innan samtliga fordon har de nya hjulen. Detta ska ses mot bakgrund av att fordonsparken idag är drygt 20 år.
Bedömningar har även gjorts av underhållskostnader samt vinteregenskaper. Då de föreslagna dämparna enkelt kan monteras bort, väntas underhållskostnaderna endast öka marginellt. Dämparna har testats under del av en snörik vinter utan problem. Erfarenheterna från C20 pekar inte heller på att hjuldämpare leder till problem under vinterförhållanden. För nya fordon med hjuldämpare pekar SLs erfarenheter från C20 på att byte av dämparna bör budgeteras minst någon gång under fordonets livslängd, samt att leverantören bör tillhandahålla bedömningskriterier för när dämparna bör bytas.

8 RÄLLIVDÄMPARE

I samband med tidigare beskrivna tester av hjuldämpare testades även rällivdämpare av typen Strailastic_A på en rakspårssträcka om 150 m. Samtliga tester gjordes vid en hastighet på 80 km/h och i möjligaste mån i enlighet med SS EN ISO 3095:2005, dock utan kontroll av ytråhet på hjul och räl. Den första mätningen visade på en reduktion av ljudnivån om knappt 3 dB(A) enheter. Samma ljudreduktion uppmättes vid detta mättillfälle mellan fallen ”endast hjuldämpare” och fallet ”hjuldämpare och rällivdämpare”. Mätresultatet indikerade alltså att det är möjligt att kombinera hjul- och rällivdämpare och erhålla samma ljudreduktion som för endast hjuldämparna.
Den senast genomförda mätningen vid samma mätplats, där endast kombinationen av hjul- och rällivdämpare mätts, visar däremot att ljudnivån snarare ökar med 1 dB(A) enhet vid införande av rällivdämpare. Skillnaden mellan de båda mätningarna är följande:

- Byte av mätfordon.
- Uppdaterad hjulkonstruktion (för bättre effekt av hjuldämparna).
- Ommonterade rällivdämpare (men på samma plats).

Byte av fordon bedöms ha liten inverkan vid 80 km/h eftersom det är en relativ mätning för ett fordon med och utan åtgärd. Den uppdaterade hjulkonstruktionen kan tänkas påverka, eftersom syftet med uppdateringen var att förskjuta hjulets egenfrekvenser. Det är dock förvånande att detta skulle leda till att rällivdämparen, som förmodas vara bredbandig, skulle få negativ effekt. Punkten 3 kan påverka om monteringen vid det andra tillfället av någon anledning var bristfällig, t.ex. avseende koppling mellan

dämpare och räl. Detta var dock ej möjligt att bedöma då rällivämparna monterats bort innan mätresultaten analyserats.
Vid båda mättillfällena påvisades dock en minskning av ljudnivån före och efter tågpassagen. Möjligen är denna effekt möjlig att nå även vid svagare dämpning, t.ex. genom glesare montering av dämparna än den nu testade. Reduktion av ljudnivån före och efter tågpassagen kan därmed ge viss påverkan på den ekvivalenta ljudnivån, samt möjligen på störningsupplevelsen.
Kostnaden för införande av rällivdämpare bedöms vara ca 3 000 kr per meter enkelspår. Införande av rällivdämpare av den testade typen bedöms endast ha mindre effekter avseende underhåll.
Slutsatsen av genomförda tester är att rällivdämpare kan vara aktuell på enstaka platser där några få decibels reduktion eftersträvas. Troligast är det i dessa fall fråga om kombinationsverkan med andra bullerskyddsåtgärder, alternativt platser där t.ex. bullerskyddsskärm inte är möjlig. En central slutsats från testerna är att det är av avgörande betydelse att veta för vilka fordonstyper och hastigheter som ljudbidraget från rälen är dominerande, då det endast är vid dessa förhållanden som rällivdämpare kan väntas ge effekt.

9 FORDONSMONTERAD SKÄRM

SL har under 2008-2010 genomfört prov med fordonsmonterad skärm på Roslagsbanans fordon X10p. Skärmen var konstruerad som lösa moduler utmed hela tågsidan som snabbt kunde monteras loss. Sidoskärmen kompletterades även med en sluten front samt en sluten lösning mellan kopplade fordon (neddragen bälg), se Figur 5.

Figur 5 Roslagsbanevagn med fordonsmonterad skärm: (a) manövervagn och (b) tåg vid perrongkant med snö.

Kontrollmätningar av den ljudreducerande effekten genomfördes i september 2009. Mätningarna gjordes i möjligaste mån i enlighet med SS EN ISO 3095:2005 och visade på en sänkning av ljudnivån med 5 dB på den total A-vägda ljudnivån. Mätningar gjordes även internt i tåget för att se om eventuell ökad ljudnivå under tåget skulle leda till förhöjd ljudnivå. De interna ljudmätningarna visade dock att ljudnivån invändigt var oförändrad.
I utredningen bedömdes även ekonomiska aspekter på införande av fordonsmonterad skärm. Investeringskostnaden bedömdes till 500 000 kr per fordon, förutsatt att åtgärden genomförs på hela vagnparken om ca 100 fordon. Den ökade underhållskostnaden för fordonen bedömds till 8 500 kr per fordon och år, vilket bedöms vara väsentligen mindre än underhållskostnaden för bullerskärmar med motsvarande effekt, utmed Roslagsbanans sträckning. Vid ett införande av fordonsmonterad skärm skulle friarumsprofilen för banan behöva ändras. Kontroll av banan genomfördes inom ramen

för projektet, vilken visade att inga fysiska hinder i banan utgjorde begränsning för ändring av friarumsprofilen. Prov gjordes även avseende bromsförmåga, med tanke på den ökade vikten, samt av eventuell temperaturökning hos hjälpsystem. Inget av dessa tester visade på problem med införande.
Tester gjordes även av vinteregenskaper, genom att ett fordonsset utrustad med fordonsmonterad skärm användes i trafik under vintern 2010. Dessa tester visade dessvärre att den fordonsmonterade skärmen skadades av sammanpressad snö vid perrongkanter, vilket visas i Figur 5 (b). Resultatet av vintertestet är troligen beroende av att endast ett fordon var utrustat med skärmarna. Trots detta bedömde SL att risken med ett införande var för stor, mot bakgrund av behovet av tillförlitlighet i trafiken, projektet lades därför tillsvidare ned.

10 LÅG SPÅRNÄRA BULLERSKYDDSSKÄRM

SL har under hösten 2011 - våren 2012 genomfört test med spårnära skärmar vid Molnby station på Roslagsbanan. Testet avsåg undersöka möjligheten till användning av spårnära skärmar vid SL:s lokalbanor med avseende på följande aspekter:

- Underhåll av spår - Snöröjning, rälsbyte, slipersbyte, besiktning och övrigt underhåll.
- Säkerhet - Utrymning, arbete i spår, urspårning och säkerhet för obehöriga.
- Bullerreduktion - Bostäder och ev. förändring av ljudnivå i förarhytt.

10.1 Utformning

Spårnära bullerskyddsskärmar kan medföra stora positiva fördelar vid områden där bullerskydd behövs. Den skärm som testats och som planeras för införande på Roslagsbanan placeras 730 mm över rälsöverkant (RÖK) och 1370 mm från spårmitt. Detta innebär att skärmen placeras inom banområdet och den inkräktar därmed inte på närliggandes fastigheter. Genom sin lägre höjd ger den spårnära bullerskyddsskärmen väsentligen mindre påverkan på landskapsbilden än en traditionell skärm, då synfältet ej bryts av vid banan. De låga skärmarna minskar även risken för barriäreffekter som annars kan separera ett samhälle och/eller ta bort viktiga synupplevelser eller landmärken. Baserat på ovanstående faktorer, främst undvikandet av intrång, behövs inte bygglov för uppförande av låg spårnära skärm, till skillnad från fallet konventionell skärm. Genom undvikande av intrång på närliggande fastigheter undviks även behov av överenskommelser avseende underhåll, som annars ofta behöver träffas med respektive fastighetsägare.
Låga spårnära skärmar lämpar sig väl i de flesta terränger, för att uppnå god bullerdämpande effekt krävs dock skärmning även mellan spåren på sträckor med fler spår än ett. Höjden på skärmen kan regleras med hjälp av mängden fyllnadsmassa under skärmen, eller att konstruktion anpassas till behovet. Spårnära skärm lämpar sig därmed särskilt väl för avgränsade banor då dessa ofta trafikeras av en begränsad fordonsflotta, i SLs fall ofta endast ett fåtal fordonstyper. Detta medför att skärmens höjd och placering kan väljas så att avståndet mellan skärm och fordon minimeras. Även arbetsmiljön för tågföraren påverkas mindre av de låga skärmarna, då de inte riskerar att ge den upplevda tunneleffekt som kan upplevas av långa sammanhängande konventionella skärmar.

10.2 Underhåll av spår och säkerhet

Det genomförda vintertestet visade att ytterligare snöröjning ej är nödvändigt vid spårnära skärm, då vinddraget från tågets framfart rensat spåren. Möjligen kan det finnas behov av särskild snöröjning på platser där tågen endast trafikerar med lägre hastighet. SL:s snöröjningsfordon är utrustade med plogar, borstar och snöslungor som

kan användas vid kraftigare snöfall och bedöms därmed klara även sådana fall. För övrigt underhållsarbete t.ex. räls- eller slipersbyte på sträckor med dubbelsidig spårnära skärm, har SL beslutat att detta alltid skall utföras under trafikfri tid eller med avstängd spår. Större delen av underhållsarbetet kan utföras utan att flytta eller demontera de spårnära skärmarna. Vid behov kan även de spårnära skärmarna flyttas med hjälp av speciella blocklyftare eller hjullastare.
Vid utrymning av fordon kan passagerare kliva ned på skärmen, som med sin höjd är i nivå med perronghöjd, för att sedan kliva ner utanför spårområdet. Den testade skärmen är utformad med en avsats vilket underlättar för resenärerna vi utrymning av vagnen.

10.3 Ljudreducering

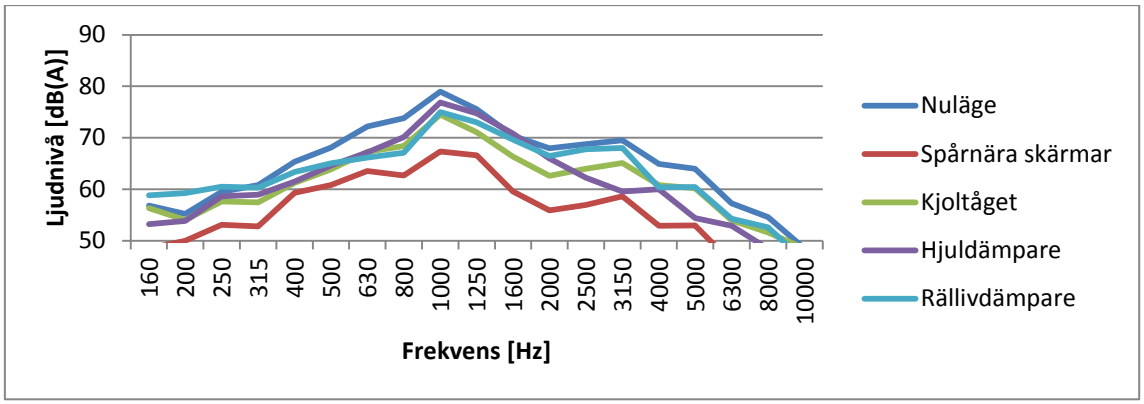
Den ljudreducerande effekten från låga spårnära skärmar har mätts, i möjligaste mån, enligt SS-EN ISO 3095:2005. Mätningarna visar på en insatsljuddämpning om ca 8 dBA vid 25 meters avstånd från spårmitt, på 3,5 meters höjd. Skärmen ger därmed ungefär motsvarande bullerreducerande effekt som många konventionella bullerskyddsskärmar.

10.4 Ekonomi

Kostnaden för att inför spårnära skärmar är lägre än för konventionella höga bullerskyddsskärmar. Detta på grund av mindre omfattande geoteknisk undersökning, låg grundläggningskostnad, lägre kostnad per meter skärm samt lägre underhållskostnad av skärmen. Den lägre underhållskostnaden beror på minskat risk för klotter och vandalisering samt att den testade skärmen är i princip underhållsfri, till skillnad från en konventionell trä- eller glasskärm som kräver underhåll ungefär vart sjunde år. I förhållande till besparingarna är den ökade kostnaden för spårunderhållsarbete, som endast kan genomföras i avstängt spår, liten. Kostnadsjämförelsen blir aningen mindre fördelaktig för spårnära skärm på dubbelspårssträckor, men kommer i de flest fall ändå peka på ekonomiska fördelar. Baserat på ovanstående fördelar avseende grundläggning kan det även i ett längre perspektiv finnas fördelar i form av kortade projekteringstider.

11 RESULTAT

En jämförelse mellan de olika bullerreducerande åtgärdernas effekt för förbipassage visas i Figur 6. Åtgärderna jämförs relativt en referenspassage, kallad ”nuläge”. Då de olika åtgärderna testades vid olika tillfällen är det inte relevant att redovisa de uppmätta ljudnivåerna vid varje mättillfälle. Istället presenteras här respektive åtgärds insatsljuddämpning avdragen mot en vald referens ”nuläge”. Denna presentation möjliggör jämförelse mellan de olika åtgärdernas effekt i respektive frekvensband och ger, tillskillnad från presentation av insatsljuddämpning, även bilden av vilka frekvensband som kommer ge dominerande bidrag till totalnivån. Baserat på de omräkningar som beskrivits ovan ger denna presentation inte exakt information om bullerreducerande effekt, men den är ändå användbar för att bedöma generella effekter och för att jämföra åtgärderna sinsemellan.



Figur 6 Jämförelse mellan olika de olika testade bullerreducerande åtgärdernas effekt för förbipassage vid 80 km/h.

Utöver dessa åtgärder har även flera utredningar som strävar efter att minska risken för förhöjda ljudnivåer i kurva och vid bromsning presenterats. Kan dessa åtgärder genomföras är det också troligt att de samtidigt kommer att ge ljudreduktion för det vanliga rullningsljudet. För i princip samtliga av de ovan presenterade förbättringsförslagen finns det nackdelar för den dagliga driften. En erfarenhet är därför att det är viktigt att tidigt i utredningen gå igenom dessa aspekter och bedöma hur dessa kan hanteras, samt vilka kostnader detta kommer att medföra.

12 SAMMANFATTNING

SL har genom en rad utredningar sökt reducera bullerstörningen för boende utmed bansystemen. Dessa utredningar utgör ett viktigt underlag för att i möjligaste mån välja bullerskyddsåtgärder med god kostnadseffektivt och begränsad påverkan på omgivningen. Strävan från SLs sida är att så långt möjligt genomföra åtgärder nära källa, men även då skärmningsåtgärder krävs visar denna sammanställning på alternativ till konventionell skärm i form av låg spårnära skärm. I vissa lägen kommer det även krävas en kombination av flera bullerskyddsåtgärder. I dessa lägen är det extra viktigt att mer i detalj känna effekten av de enskilda åtgärderna.

REFERENSER

[1] Kommunikationsdepartementet (1996), Infrastrukturinriktning för framtida transporter, *Proposition 1996/97:53*, Sveriges Regering, Stockholm, Sverige.

[2] Persson, I., Nilsson, R., Bik U., Lundgren, M. och Iwnicki, S. (2010), Use of a generic algorithm to improve the rail profile on Stockholm underground, *Vehicle System Dynamics*, Vol. 48, pp. 89 – 104.

[3] Sundh, J. och Olofsson, U. (2011), Inverkan av snö på friktionen och ljudgenereringen av gjutjärnsfria bromsblocksmaterial. Kungliga Tekniska Högskolan, Institutionen för Maskinkonstruktion, Stockholm, Sverige.

[4] Lewis, R. och Olofsson, U. (editerad av) (2009), *Wheel-rail interface handbook*. Woodhead Publishing, Cambridge, UK.

[5] Andersson, E., Berg, M. och Stichel, S. (2005), *Rail vehicle dynamics*. Kungliga Tekniska Högskolan, Avdelningen för Spårfordon, Stockholm, Sverige.

[6] Eadie, D. T. och Santoro, M. (2003), Railway noise and the effect of top of rail liquid friction modifiers: Changes in sound and vibration spectral distributions. *Proceedings från 6th International Conference on Contact Mechanics and Wear of Rail/Wheel Systems*, Göteborg, Sverige.

[7] Olofsson, U. och Nilsson, R., Surface cracks and wear of rail: a full-scale test on a commuter train track. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, Vol. 216, pp. 249 – 264.

[8] Lewis, S. R., Lewis, R. och Fletcher, D. I. (2012), Assessment of laser cladding as an option for repair of rails. *Proceedings från 9th International Conference on Contact Mechanics and Wear of Rail/Wheel Systems*, Chengdu, Kina.

[9] Åhrén, T., Waara, P. och Larsson, P.O. (2003), Technical and economical evaluation of maintenance for rail and wheels on Malmbanan. *Proceedings från International Heavy Haul Association Specialist Technical Session*, Dallas, USA.

[10] Torstensson, P.T. och Nielsen, J.C.O. (2009), Monitoring of rail corrugation growth due to irregular wear on a railway metro curve. *Wear*, Vol. 267, pp. 556 – 561.

[11] Kalousek, J. och Johnson, K.L., An investigation of short pitch wheel and rail corrugations on the Vancouver mass transit system. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, Vol. 206, pp. 127 – 135.

www.vti.se
vti@vti.se

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-transportsystem 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, däckprovnings-anläggning, 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.

vti

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