



TRAFIKENS EXTERNA EFFEKTER

Uppföljning och utveckling 2002

BILAGOR

Innehåll

Bilaga 1	<i>Sammanfattning av preliminära marginalkostnadsskattningar i UNITE, Gunnar Lindberg, VTI</i>	3
Bilaga 2	<i>Trafiksäkerhet och marginalkostnader, Gunnar Lindberg, VTI</i>	39
Bilaga 3	<i>Marginella bullerkostnader – en genomgång av SIK/Vägverkets arbete samt analyser med 'impact pathway' metoden, Gunnar Lindberg, VTI</i>	81
Bilaga 4	<i>Nya bedömningar av den marginella elproduktionens sammansättning och den samhällsekonomiska marginalkostnaden av förändrad efterfrågan på elektricitet i de nordiska länderna, Per Kågeson, Nature Associates</i>	99

Bilaga 1

Sammanfattning av preliminära marginalkostnadsskattningar i UNITE

Gunnar Lindberg, VTI
Januari 2003

PM skrivet för SIKA

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	5
2	INFRASTRUKTURKOSTNADER.....	7
2.1	Metoder	7
2.2	Fallstudier.....	7
2.3	Resultat.....	10
3	OPERATÖRSKOSTNADER.....	13
3.1	Metoder	13
3.2	Fallstudier.....	13
3.3	Resultat.....	15
4	TRAFIKANTKOSTNADER	17
4.1	Metoder	17
4.2	Fallstudier.....	17
4.3	Resultat.....	20
5	OLYCKOR.....	22
5.1	Metoder	22
5.2	Fallstudier.....	22
5.3	Resultat.....	23
6	MILJÖKOSTNADER.....	26
6.1	Metoder	26
6.2	Fallstudier.....	26
6.3	Resultat.....	28
7	LÄRDOMAR.....	35
7.1	Metoder	35
7.2	Resultat.....	36
8	REFERENSER.....	37

1 Inledning

Det europeiska UNITE projektet innehåller tre komponenter: bokföring, marginalkostnader och syntes. Sammanlagt ingår 19 institutioner där VTI är ansvarig för svenska bokföringen och utvecklingen av olyckskostnader. Ett antal färdiga rapporter finns redovisade på projektets hemsida www.its.leeds.ac.uk/UNITE.

Det tar lång tid innan resultaten från ett EU projekt redovisas i officiella rapporter. Syftet med denna PM är att översiktligt beskriva metod och resultat från de marginalkostnadsstudier som är färdiga men ännu inte presenterats. Texten ska ses som en redovisning av preliminära resultat tills de finns redovisade i den officiella rapportserien för UNITE projektet som vi hänvisat till ovan. Vi har inte här strävat efter att göra någon syntes av resultaten eller att rekommendera värden.

Marginalkostnadsstudierna i UNITE har bedrivits uppdelade på kostnadsslag. Fem huvudsakliga kostnadsslag har identifierats:

1. *Infrastrukturkostnader*
2. *Operatörskostnader (supplier operating costs)*
3. *Trafikantkostnader (user costs)*
4. *Olyckskostnader*
5. *Miljökostnader*

För varje kostnadsslag har man bestämt sig för ett visst antal fallstudier fördelade på de olika trafikslagen vilket framgår av tabellen nedan. Dessa fallstudier är inte samordnade så att en total marginalkostnadsbild kan skapas för något visst fall eller ens för något visst transportslag. En av slutsatserna av projektet är att man måste genomföra fler och mer samordnade fallstudier.

Tabell 1: Fallstudier i UNITE fördelade på trafikslag och kostnadsslag

	Väg	Järnväg	Flyg	Inre vattenvägar	Sjöfart	Totalt
<i>Infrastrukturkostnader</i>	2	2	1	1	2	8
<i>Operatörskostnader</i>	0	2	1	0	0	3
<i>Trafikantkostnader</i>	6	2	2	1	0	11
<i>Olyckskostnader</i>	3	2	0	1	1	7
<i>Miljökostnader</i>	6	3	0	1	1	11
<i>Totalt</i>	17	11	4	4	4	40

Källa: UNITE D3

I det följande gör vi en genomgång av dessa fallstudier. Den totala texten uppgår till 500 sidor och med underlagsrapporter och sammanfattande rapporter blir det drygt 1000 sidor. Att sammanfatta denna textmassa i en kort PM är svårt. Vi har därför nöjt oss med att ta fram en lättöverskådlig presentation av materialet som kan göra det möjligt för läsaren att informera sig om viktiga kvalitativa och kvantitativa slutsatser generellt förutom att få ledning att identifiera sådana studier som det kan vara motiverat att fördjupa sig i. Tabellen nedan sammanfattar fallstudierna. Referenserna (ref) finns angivna i slutet av denna PM.

Vi går igenom fallstudierna i den ordning kostnadsslagen presenteras i tabellen ovan; avsnitt 2 – infrastrukturkostnader, 3- operatörskostnader, 4 – trafikantkostnader, 5 – olyckskostnader och 6 – miljökostnader. Inom varje avsnitt har vi följt samma struktur; först en sammanfattning av metoderna som används för att skatta marginalkostnader, sedan en genomgång av de flesta fallstudierna för att avsluta med en sammanfattning av kostnadsskattningarna.

Tabell 2: Sammanfattning av fallstudier

	Infrastruktur	Operatör	Trafikant	Olyckor	Miljö
Vägtrafik	Tyskland, Österrike, Schweiz (ref 2). Sverige (ref 3)	-	Regional trafik Paris-Bryssel, Paris-München, Köln-Milano, Duisburg-Mannheim (ref 12) Bryssel (ref 13) Urban trafik Edinburgh, Salzburg, Helsinki (ref 14)	Schweiz (ref 19) Stockholm och Lissabon (ref 20) Tunga fordon Sverige (ref 22)	Urban trafik Helsingfors (ref 24) Stuttgart, Berlin (ref 24) Florens (ref 24) Tunga fordon, E18 Finland (ref 24) Regional trafik Basel-Karlsruhe Strassburg_Neubrandenburg (ref 24) Bologna-Brennero Milano-Chiasso (ref 24)
Järnvägs- trafik	Sverige och Finland (ref 4) England (ref 5)	Lissabon (ref 9) Sverige (ref 10)	Schweiz (ref 15) Sverige (ref 10) Intermodal frakt (ref 18)	Järnvägskorsningar Sverige (ref 21)	Regional trafik Basel-Karlsruhe Strassburg_Neubrandenburg (ref 24)
Flyg	Helsingfors flygplats (ref 6)	Europeiskt flyg (ref 11)	Madrid flygplats (ref 16) Europeiskt flyg (ref 17)		England-Tyskland (ref 24)
Vatten- vägar	Rhen (ref 1)	-	Rhen (ref 1)	Rhen (ref 1)	Rhen (ref 1)
Sjöfart	Norrköping (ref 7) Pireus (ref 8)	-		Östersjön, Sverige (ref 23)	Helsingfors-Talinn (ref 24)

2 Infrastrukturkostnader

2.1 Metoder

Tre ansatser har använts för att skatta de marginella infrastrukturkostnaderna:

1. *Ekonometrisk ansats* – kostnadsdata är den beroende variabeln som förklaras med bland annat trafikarbetet. Endera används tidseriedata eller tvärsnittsdata. Parametrarna kan endera direkt tolkas som marginalkostnader eller användas för att konstruera marginalkostnader.
2. *Ingenjörsmässig ansats* – kostnaderna är disaggregerade och baserat på teoretiska modeller länkas kostnadsdata till fysisk vägdata. Den estimerade modellen avser fysisk vägdata som är den beroende variabeln vilken förklaras med bland annat trafikarbetet.
3. *Långsiktiga marginalkostnader* – genom att studera marginalkostnaden för kapacitetsinvesteringar och skaffa sig en uppfattning om eventuella skalfördelar kan man dra slutsatser om den kortsiktiga marginalkostnaden.

2.2 Fallstudier

Tabellen nedan sammanfattar de åtta fallstudier som avser marginella infrastrukturkostnader. Studien som avser inre vattenvägar behandlar samtliga kostnadslag och har behandlats mycket kortfattat i denna PM eftersom metoden inte är banbrytande och de specifika resultaten har liten relevans för svenska förhållanden (även om kopplingar till kanaltrafiken finns). Två studier behandlar vägtrafik varav den ena är en ekonometrisk studie för motorvägar i Tyskland, Österrike och Schweiz och den andra den analys VTI genomfört med hjälp av svenska nedbrytningsdata. Två studier behandlar järnvägens infrastrukturkostnader, den ena har genomförts av VTI och behandlar såväl finska som svenska data med ekonometriska metoder medan den andra är en ingenjörsmässig ansats på engelska data. För flygplatser finns enbart en studie, gjord i Helsingfors, som baseras på detaljerad data om personalbehovet över dygnet. Slutligen behandlar två fallstudier sjöfart och då specifikt hamnar, dels Norrköpings hamn genomförd vid Linköpings universitet och dels Pireus hamn.

Tabell 3: Fallstudier om infrastrukturkostnader

<i>Fallstudie</i>	<i>Referens</i>	<i>Typ av metod</i>	<i>Typ av trafikant</i>	<i>Typ av infrastruktur</i>
<i>Inre vattenvägar, Rhen</i>	(1)		<i>Container pråmar</i>	<i>Vattenvägar (Rhen)</i>
<i>Ekonometrisk analys i vägsektorn, Tyskland, Österrike och Schweiz.</i>	(2) (3) (4)	<i>Ekonometrisk</i>	<i>Tyskland: bil, buss, lastbil</i> <i>Österrike, alla, lätta och tunga fordon</i> <i>Schweiz, alla, lätta och tunga fordon</i>	<i>Motorvägar i Tyskland, Schweiz och Österrike</i>
<i>Tunga fordon, Sverige</i>	(5)	<i>Ingenjöransats</i>	<i>Tung trafik</i>	<i>Alla vägar, Sverige</i>
<i>Järnväg, Sverige och Finland</i>	(6)	<i>Ekonometrisk</i>	<i>Alla</i>	<i>Bandelar, hela Sverige</i>
<i>Järnväg, UK</i>	(7)	<i>Ingenjöransats</i>	<i>Passagerare, frakt, diesel och elektriska tåg</i>	<i>Bandelar</i>
<i>Helsingfors flygplats</i>	(8)	<i>Ekonometrisk</i>	<i>Passagerare och frakt</i>	<i>Helsingfors flygplats</i>
<i>Svenska hamnar</i>	(9)	<i>Kömodeller, ekonometrisk, långsiktig MC</i>	<i>Alla</i>	<i>Norrköpings hamn</i>
<i>Kortväga sjöfart och hamnar i medelhavet</i>	(10)	<i>Deskriptiv studie</i>	<i>Alla</i>	<i>Pireus hamn</i>

2.2.1 Väg

I de ekonometriska studierna strävar man efter kostnadsdata på enskilda vägsträckor. Vi vet att denna typ av data är svåra att finna eftersom kostnadsdata sällan lagras på enskilda vägsträckor utan oftare på någon regional indelning. I Schweiz använde man två olika databaser, dels data över samtliga utgifter under perioden 1985 till 1998 för 23 kantoner, dels data för 123 motorvägssektioner över en period från 1997 till 2000. Den schweiziska databasen innehåller alltså alla typer av utgifter. För att kunna göra en uppdelning mellan olika fordonskategorier använder man en 'ingenjörsmässig' fördelning av de skattade marginalkostnaderna.

I Österrike hade man kostnadsdata för enskilda motorvägar över perioden 1999 till 2000. Kostnaderna inkluderade vissa nykonstruktioner vilka var svåra att sortera bort ur databasen. Eftersom utgifterna fluktuerade kraftigt över åren på grund av budgetläget summerade man ihop till enbart 38 observationer.

För Tyskland fick man bara tillgång till data över större reinvesteringar. På grund av den speciella situationen i före detta Östtyskland har man valt att använda enbart 'västtyska' data. Ursprungligen täcker databasen 1827 motorvägsträckor över en 20 års period. De cykliska budgetrelaterade fluktuationerna ledde till

samma problem som ovan och lösningen blev en aggregering av kostnadsdata för perioden 1980 till 1999. Slutligen hade man svårt att finna observationer på de oberoende variablerna vilket medförde att antalet observationer föll till 224 stycken. Analyserna genomfördes med translog funktioner respektive log-linjära modeller.

Den svenska VTI studien baseras på en teoretisk modell som kopplar förändringen i tidpunkten för en nödvändig reinvestering med kostnadsdata för att beräkna marginalkostnaden. Skattningen av det man kallar tidselasticiteten baseras på data över en åtta års period i det svenska LTPP programmet med 639 sektioner på 64 olika vägar.

2.2.2 Järnväg

Den enda rena studien av järnvägens marginalkostnader som genomförts i UNITE är VTI- studien på svenska och finska data. Studien baseras på underhållskostnader för bandelar i respektive land perioden 1994 – 1996 för Sverige och 1997-1999 för Finland. I Finland inkluderas även reinvesteringskostnaderna. Detta är den enda lyckade ekonometriska studien av infrastrukturkostnader i UNITE. Som komplement till denna studie har en summering av engelska ingenjörsmässiga data gjorts. Båda studierna begränsade sig till studier av banunderhåll och exkluderade kostnader för stationer och bangårdar.

2.2.3 Flygplats

Fallstudien från Helsingfors flygplats fokuserade på infrastrukturen vilken inkluderar trafikkontroll, landningsbanor och uppställningsytor. Vidare inkluderades bagagehantering och säkerhetskontroll. Den grundläggande hypotesen för studien är att en ändring i antalet flygrörelser kommer att påverka behovet av personal. Databasen består av antalet arbetande per timme och antalet flygrörelser samt passagerare för en vintervecka respektive en sommarvecka.

2.2.4 Hamn och inre vattenvägar

Den svenska fallstudien, genomförd vid Linköpings universitet, inkluderade både trafikantkostnader (kökostnader) och producentkostnader. Detta helhetsperspektiv har varit svårt att få in i de uppdelningar av kostnader som gjorts i UNITE. Trafikantkostnaden avser väntetid till kajplats och behandlas i avsnitt 4. För stuveriarbete har data från Uddevalla hamn använts. Databasen är tämligen gammal, 1973 till 1976. Den långsiktiga marginalkostnaden har analyserats för Norrköpings hamn med data från perioden 1962 till 1999. Norrköpings hamn har klassificerats som en hamn där man lämnat det centrala läget och expanderat på jungfrulig mark. Den grekiska fallstudien hade stora dataproblem och tvingades basera informationen på bokföringen för 1997 och 1998 vilket jämfördes med trafikeringen under dessa år. Fallstudien som beaktar containertransport på Rhen gör en genomgång av samtliga kostnadsslag och försöker dra slutsatser om marginalkostnader.

2.3 Resultat

2.3.1 Vägar

Den ekonometriska metoden användes för vägtrafiken men lyckades sämre där än för järnvägstrafiken. Den schweiziska studien fann fallande kostnader med kostnadselasticiteten under 1. Detta var också fallet i den svenska studien. Den tyska studien fann emellertid en stigande marginalkostnad. Detta skulle kunna tolkas som ett antal observationer på en u-formad produktionskostnadsfunktion. Den österrikiska studien visar däremot en avtagande stigande kostnadsfunktion. Dessvärre kan man inte direkt jämföra de olika kostnadsstudierna eftersom olika kostnadsslag ingår i underlagen.

Marginalkostnaden för drift (operational) uppskattades i Schweiz till 0.3 €cent/fkm för samtliga fordonsslag. För underhåll (constructional) blev kostnaden 0.03 €cent till 0.2 €cent/fkm för personbilar, 3.0 till 8.0 €cent för lastbilar och 7.3 €cent för lastbilar med släp. Marginalkostnaden relaterad till förbättringar (upgrade and renewal) var 0.01 €cent/fkm till 0.04 €cent/fkm för personbilar och 0.3 €cent/fkm till 0.6 €cent/fkm för lastbilar. Den högre skattningen kommer från den ekonometriska metoden.

Tabell 4: Marginalkostnader underhåll och reinvesteringar för Schweiziska motorvägar (€/centvkm)

	Metod	Personbilar	Lastbilar	Lastbilar med släp	Medel
Operational maintenance costs	Ekometri	0.27	0.27		0.27
Constructional maintenance costs	Tidserie - ekometri	0.19	3.02		0.37
	Tidserie – ingenjör	0.14	4.28		0.39
	Tvärnsnitt – fkm	-	-	-	0.8
	Tvärnsnitt – btkm	0.3	3.9	7.3	-
	Tvärnsnitt - ESAL	0.03	8.0	7.3	-
Costs for upgrade and renewals	Ekometri	0.04	0.62		0.08
	Ingenjörsmässig	0.01	0.33		0.03

Den österrikiska studien finner att marginalkostnaden relaterad till underhåll och reinvesteringar är 0.16 €cent/fkm för alla fordon. Uppdelningen på olika kategorier är inte signifikant.

Den tyska studien nyttjar kvoten mellan lastbilar och personbilar som förklarande variabel. För att uttrycka den som en marginalkostnad väljer man att låsa antalet personbilar och öka antalet lastbilar. Genom detta förfarande uttalar man sig om marginalkostnaderna för lastbilarna. Om antalet personbilar antas motsvara trafikvolymen på de lågtrafikerade vägarna i databasen finner man en kostnad på mellan 0.7 €cent/fkm och 2.7 €cent/fkm för lastbilar. På sektioner med den maximala trafikvolymen ligger kostnaden i intervallet 0.05 €cent/fkm till 0.8 €cent/fkm för lastbilar.

I Thomas (2002) granskas den tyska studien. Där påpekas att det mycket väl kan vara så att vägar dimensioneras för samma livslängd, dvs olika beroende på det förväntade trafikflödet. En tvärsnittsanalys kommer då att visa att det inte finns något samband mellan livslängd och trafikflöde. Den använda kvoten (lastbilar/personbilar) skulle kunna ha ett samband med avvikelser från den förväntade trafikutvecklingen vid designtidpunkten.

Den svenska studien finner en marginalkostnad på 0.32 €cent/fkm för lätta lastbilar, 0.69 €cent för lätta lastbilar med släp, 0.77 €cent för tunga lastbilar och 1.86 €cent/fkm för tunga lastbilar med släp.

En intressant jämförelse är hur kvoten mellan marginalkostnader och genomsnittskostnader skiljer sig åt i de olika fallstudierna. Den schweiziska fallstudien visar på en elasticitet kring 0.8 medan den österrikiska ger något högre resultat. Den tyska studien pekar på en elasticitet över ett. Den svenska studien ger en elasticitet i genomsnitt kring 0.4, men i ett intervall från 0.1 till 0.8 beroende på trafikflöden och vägkvalitet. Spridningen i elasticiteter är stor och det enda vi kan säga är att marginalkostnaderna troligen ligger under genomsnittskostnaderna.

2.3.2 Järnvägar

För järnvägen har vi den mest lyckade ekonometriska skattningen för Finland och Sverige. Kostnadselasticiteten visavi bruttotonkm (btkm) har beräknats till 0.17. Marginalkostnaden uppgår alltså till 17% av genomsnittskostnaden, åtminstone för svenska och finska järnvägar i genomsnitt. För svenska huvudlinjer är marginalkostnaden 14% av genomsnittskostnaden medan marginalkostnaderna för sekundära linjer är 23% av genomsnittskostnaden. Vidare finner man att underhållskostnaderna per btkm sjunker med ökande trafikvolym. I Sverige och Finland befinner vi oss alltså på den fallande delen av underhållskostnadskurvan.

Tabell 5: Marginalkostnader i € cents per brtkm för svenska och finska järnvägar.

	Sverige		Finland	
	1995	2000	1995	2000
<i>Alla spår</i>	0.013	0.014	0.017	0.027
<i>Elektrifierade (primära) spår</i>	0.0088	0.0099	0.013	0.020
<i>Ej elektrifierade (sekundära) spår</i>	0.097	0.11	0.029	0.045

I den engelska studien sammanfattas skattningar från Railtracks modell och en modell som tagits fram av British Rail Regulator. Den andra modellen har kommit fram till lägre andelar variabla kostnader. Det rör sig här om kostnadsallokeringsmodeller där man sökt bedöma andelarna variabla kostnader för olika kostnadsslag.

Tabell 6: Railtracks skattningar av variabla kostnader

<i>Typ</i>	<i>Andel variabla kostnader</i>
<i>Geometriskt underhåll</i>	23%
<i>Räl underhåll</i>	2%
<i>Manuellt underhåll</i>	14%
<i>Slipers underhåll</i>	9%
<i>Strukturellt underhåll</i>	12%
<i>Utbyte av räler</i>	5%
<i>Ballast utbyte</i>	19%
<i>S&C utbyte (?)</i>	6%
<i>Signalunderhåll</i>	5%
<i>Utbyte kontaktledning</i>	5%

Fallstudierna för järnväg uppvisar en mer samlad bild än de på vägsidan. De svenska och finska studierna visar på en elasticitet mellan 0.14 och 0.17, medan den engelska genomgången av ingenjörsmässiga data leder till slutsatsen att elasticiteten ligger mellan 0.2 och 0.3. Ånyo bör sägas att detta är förenligt med fallande kostnader och lägre trafikflöden i Sverige och Finland.

2.3.3 Flygplatser

Från den finska studien har man funnit att en extra flygplansrörelse genererar i genomsnitt ytterligare en mantimme. Den bästa modellen visade sig vara linjär. Marginalkostnaden uppskattades i Helsingfors till 38 € för en extra flygplansrörelse. För en flygplansrörelse åtgår 5.3 mantimmar. Marginalkostnaden uppgår till 19 % av genomsnittskostnaden.

2.3.4 Hamnar

Stuveriarbetarkostnaden baseras på data från 1970-talet från Uddevalla. Kostnadselasticiteten är nära 1 vilket tyder på att marginalkostnaden är konstant. Den långsiktiga marginalkostnaden är fallande med en kostnadselasticitet på 0.59.

3 Operatörskostnader

3.1 Metoder

Marginalkostnader är skattade med tre olika metoder:

- 1) *Ekonometrisk metod* – Kostnadsdata är den beroende variabeln för att skatta produktionsfunktioner som förklaras med olika 'output' variabler (t.ex. passagerarkm, tågkm, flygtimme etc).
- 2) *Ingenjörsmässig ansats* – Metoden kopplar samman output (t.ex. tågkm) med input (t.ex. energiåtgång) på basis av något underliggande fysiskt samband. Därefter inkluderas ekonomiska värderingar.
- 3) *'Incremental' kostnadsallokeringsansats* – Metoden söker allokerbara variabla kostnader till olika 'kostnadsdrivare' (t.ex. fordonskilometer). Därefter analyseras hur kostnaden förändras vid förändring i dessa 'kostnadsdrivare'.

3.2 Fallstudier

Tre fallstudier har genomförts för denna kostnadsgrupp. En avser urban tågtrafik i Lissabon, en svensk tågtrafik mellan Sundsvall och Stockholm och en (en större studie) flygtrafik.

Tabell 7: Översikt av fallstudier

	Refrens	Metod	Typ av trafikant	Typ av infrastruktur
<i>Urban tågtrafik i Lissabon</i>	(11)	<i>Ingenjörsmässig</i>	<i>Tågpassagerare (peak, off-peak)</i>	<i>Urban järnväg i Lissabon</i>
<i>Svensk järnväg</i>	(12)	<i>Ingenjörsmässig</i>	<i>Tågpassagerare (peak, off-peak)</i>	<i>X-2000 mellan Stockholm och Sundsvall</i>
<i>Europeiska flygbolags produktionskostnader</i>	(13)	<i>Kostnadsallokering / Ekonometrisk</i>	<i>Flygpassagerare</i>	<i>13 europeiska flygbolag</i>

3.2.1 Järnväg

Båda järnvägsstudierna baseras på en ingenjörsmässig ansats där man undersöker kostnaden av att öka kapaciteten. I den portugisiska studien handlade kapacitetsökningen om fler tåg medan den svenska analyserar längre tåg. Huvuddelen av den ökade kostnaden kommer i form av kapitalkostnader för ytterligare fordon eller vagnar. Denna kostnad faller helt på peak efterfrågan (dvs. vid rusningstrafik) vilket innebär att hela kostnaden hamnar under denna tidsperiod. Detta ger en kraftig skillnad mellan peak och off-peak

marginalkostnad. Samtidigt innebär en prissättning efter detta att efterfrågan jämnas ut över de båda perioderna.

Den urbana järnvägsstudien avser Fertagus som kör tåg för tredje året på en linje som passerar Tagus till och från Lissabon. I fallstudien har man tillgång till detaljerade kostnadsdata och information om produktionen men enbart för ett år (2001). Kostnadsanalysen använder en anpassad version av Allport's kostnadsmodell vilket gav ett mycket detaljerad bild av företagets kostnadsstruktur enligt fallstudien. Kostnaden klassificeras mot kostnadsdrivare och kvoten med den relevanta kostnadsdrivaren beräknades för att finna genomsnittskostnader. Marginalkostnadsberäkningen utgår från den variabla kostnaden med ett antagande att $MC=AVC$ för fordonskilometer respektive personkilometer. Man har då en kostnad för off-peak. För peak lägger man på en kostnad för nödvändig kapacitetsexpansion.

Den svenska järnvägsstudien visar teoretiskt hur marginalkostnaden ska beräknas och att marginalkostnaden är densamma oberoende av viken produktionsfaktor som man varierar förutsatt att man befinner sig på utvecklingsbanan. Liksom den andra studien (9) från Linköpings universitet inkluderar denna fler av UNITES kostnadskategorier. I denna studie inkluderar man både trafikantkostnader och operatörskostnader. En ökning av efterfrågan kan lösas på tre sätt; i) genom att öka beläggningen vilket enbart medför ökade trafikantkostnader (trängsel/komfort), ii) öka antalet avgångar vilket leder till högre producentkostnader och negativa (dvs förbättringar) trafikantkostnader genom ökad turtäthet, iii) ökad fordonsstorlek som medför oförändrade trafikantkostnader och ökade operatörskostnader. I studien används en stiliserad modell av en järnvägslinje där information från sträckan Sundsvall – Stockholm (816 km t o r) utnyttjats. Först utvecklas en modell som beräknar den 'genomsnittliga marginalkostnaden' per passagerarkilometer. Kostnadsmodeller från Banverket samt transportkaraktäristika över korridoren ligger som grund för denna beräkning. Genom att anta ytterligare en vagn slipper man bekymmer med att beräkna trafikantkostnader (som blir följderna av fler tåg). Kostnaden per passagerare för en vagn som dras ett visst antal rundturer under en dag beräknas som en genomsnittskostnad (kapitalkostnader, städning etc.) för de passagerare som utnyttjar vagnen. Därefter utvecklas en modell som beskriver kostnaden vid peak-load som ska bära den extra kapacitetskostnaden.

3.2.2 Flyg

Denna studie skattar marginalkostnader för 13 olika europeiska flygbolag. Bland andra ingår SAS i studien. Som ett komplement har 9 nordamerikanska bolag också analyserats. Kostnadsinformationen kommer från den årligt publicerade ICAO Financial Data medan informationen om produktionen kommer från World Air Transport Statistics (WATS) publicerad årligen av IATA. Genom ytterligare information från IATA kunde man särskilja personalkostnader. Två metoder har använts för att skatta marginalkostnader. Baserad på detaljerad kostnadsdata från 1990 till 1998 och uppdelat på kostnadskategorier (fordon, service, infrastruktur och administration) skattas en marginalkostnad för varje flygbolag genom att studera den ändrade kostnaden år från år och jämföra den med den ändrade

produktionen. Därefter summeras kostnaderna för de olika kostnadsslagen. Den andra metoden är ekonometrisk där man nyttjat en translog produktionsfunktion.

3.3 Resultat

3.3.1 Järnvägar

Resultatet för Lissabonstudien visar en marginalkostnad på 0.81 € per fordonskilometer, 0.007€ per personkilometer och i peak 370.000€ per tåg och i off-peak 39.000€. Marginalkostnaden för en enkeltur 500km i den svenska studien beräknas till 82€ i peak och 27€ off-peak (per passagerare) eller 0.16 €/pkm i peak och 0.05 €/pkm off-peak. Det vill säga priset ska vara tre gånger högre i högtrafik vilket kommer att medföra att beläggningsgraden är konstant. Intäkterna från prissättningen kommer att täcka ca 50 % av operatörskostnaderna.

Kvoten MC/AC är i Lissabon i peak 0.87 och off-peak 0.44. Den svenska studien implicerar kvoten 0.5.

3.3.2 Flyg

Kostnadsallokeringsmetoden leder till en marginalkostnad på 14.815 € per flygtimme och 753 € per tusen tonkm. För ett motsvarande nordamerikanskt material fick man kostnaderna 7.087 € per flygtimme och 383 € per tusen tonkm. Med den ekonometriska ansatsen blev kostnaden 12.255 € per flygtimme och 644 € per tusen tonkm i Europa samt 5.596 € per flygtimme respektive 399 € per tusen tonkm i Nordamerika.

Tabellen nedan delar upp kostnaderna för den 'incrementala' metoden i olika komponenter. Något förvånande visar det sig att för europeiska flygbolag får man högsta kostnader för administration vilket skiljer sig från nordamerikanska data. Kostnaderna för SAS ligger mittemellan det europeiska medelvärdet och det nordamerikanska värdet.

Tabell 8: Marginalkostnader baserade på 'incremental' kostnadsallokering

	<i>Fordon</i>	<i>Service</i>	<i>Infrastruktur</i>	<i>Administration</i>	<i>Total</i>
<i>Europeiska flygbolag</i>	<i>3935 € per flygtimme</i>	<i>2182 € per flygtimme</i>	<i>3681 € per flygtimme</i>	<i>5016 € per flygtimme</i>	<i>14815 € per flygtimme</i>
	<i>265 € per tonkm</i>	<i>98 € per tonkm</i>	<i>162 € per tonkm</i>	<i>228 € per tonkm</i>	<i>753 € per tonkm</i>
<i>Nordamerikanska flygbolag</i>	<i>2475 € per flygtimme</i>	<i>839 € per flygtimme</i>	<i>1952 € per flygtimme</i>	<i>80 € per flygtimme</i>	<i>7087 € per flygtimme</i>
	<i>150 € per tonkm</i>	<i>47 € per tonkm</i>	<i>106 € per tonkm</i>	<i>1821 € per tonkm</i>	<i>383 € per tonkm</i>
<i>SAS</i>	<i>3445 € per flygtimme</i>	<i>2525 € per flygtimme</i>	<i>838 € per flygtimme</i>	<i>3486 € per flygtimme</i>	<i>10294 € per flygtimme</i>
	<i>368 € per tonkm</i>	<i>224 € per tonkm</i>	<i>92 € per tonkm</i>	<i>309 € per tonkm</i>	<i>993 € per tonkm</i>

I tabell 9 har vi sammanställt elasticiteter (MC/AC) från de olika studierna. Elasticiteten ligger nära 1, med ett högre värde per flygtimme än per tonkm.

Tabell 9: Kostnadselasticiteter

	<i>Per tonkm</i>		<i>Per flygtimme</i>	
	<i>Kost.allokering</i>	<i>Ekometri</i>	<i>Kost.allokering</i>	<i>Ekometri</i>
<i>Europeiska</i>	<i>0.90</i>	<i>0.93</i>	<i>1.31</i>	<i>1.01</i>
<i>Nordamerika</i>	<i>0.82</i>	<i>0.87</i>	<i>1.11</i>	<i>0.88</i>

4 Trafikantkostnader

4.1 Metoder

Den marginalkostnad som studeras är förändringar i trafikantkostnaden. Trafikantkostnaden delas upp i tidskostnad inklusive väntetid samt fordonskostnader. Man söker förklara hur en förändring i trafikvolymen påverkar dessa kostnader. Ibland kan kostnadsförändringen vara grundad i förlängda restider, s.k. *trängselkostnader*, eller så kan förändringen ta form av en minskad väntetid vid förändringar i tidtabellen, den s.k. *Mohringeffekten*.

Mohringeffekten uppkommer enbart vid tidtabellagda transporter medan trängselkostnaden kan uppkomma vid alla typer av transporter, men är mer komplex vid trafik med tidtabeller. Mohringeffekten är en form av skalfördel för konsumenten i kollektivtrafik. När antalet passagerare ökar tenderar operatören att öka frekvensen på avgångarna vilket ökar kvaliteten för samtliga passagerare. Det antas att en ökning av antalet passagerare i kollektivtrafiken möts med en ökning av frekvensen vilket medför en nytta för övriga passagerare. Men operatören kan också möta det ökade antalet passagerare med större fordonsenheter vilket medför att det inte uppkommer någon förändring i passagerarnytta. Skulle däremot operatören inte reagera, utan belägningsgraden tillåts öka, uppkommer en trängseleffekt som är negativ för trafikanterna. Ofta undersöker man Mohringeffekten med bas i väntetiden mellan två avgångar. Antar vi en jämn fördelning av önskemålen om avgång kan vi utgå från halva väntetiden och multiplicerar den med tidsvärde för förändringar i väntetid. Genom att finna (halva) derivatan på väntetiden med avseende på antalet passagerare finner vi marginaleffekten.

Metoden är densamma för samtliga studier och kan summeras i tre steg:

- 1) *Bestämning av volym-tidssamband* - sambandet ges av hastighetsflödessamband för interurban trafik, genom modellsimuleringar i urban trafik (baserad på denna typ av funktioner). För järnväg och luftfart genomförs regressionsanalyser.
- 2) *Monetära värderingar* – tidsförlusterna värderas med tidsvärderingar. I vissa fall inkluderas även fordonskostnaderna.
- 3) *Efterfrågeelasticiteten* – i vägstudierna tas efterfrågeelasticiteten i beaktande, medan det i de andra studierna är antaget att prisförändringen vid en implementering är för liten för att påverka efterfrågan.

4.2 Fallstudier

Tabellen nedan sammanfattar de 11 fallstudier som behandlar trängsel (8 st) och Mohringeffekter (3 st).

Tabell 10: Översikt av fallstudier

<i>Fallstudie</i>	<i>Referens</i>	<i>Metod</i>	<i>Typ av trafikant</i>	<i>Typ av infrastruktur</i>
<i>Vägtrafik, bil, Paris-Bryssel</i>	(14)	<i>Hastighets-flödes samband VACLAV</i>	<i>Bil</i>	<i>Urban och inter-urban vägkorridor</i>
<i>Vägtrafik, bil, Paris-München</i>	(14)	<i>Hastighets-flödes samband VACLAV</i>	<i>Bil</i>	<i>Urban och inter-urban vägkorridor</i>
<i>Väg- och järnväg, gods, Köln - Milano</i>	(14)	<i>Hastighets-flödes samband VACLAV</i>	<i>HGV</i>	<i>Urban och inter-urban vägkorridor</i>
<i>Vägtrafik, gods, Duisburg-Mannheim</i>	(14)	<i>Hastighets-flödes samband VACLAV</i>	<i>HGV</i>	<i>Urban och inter-urban vägkorridor</i>
<i>Urban vägtrafik, Bryssel</i>	(15)	<i>SATURN</i>	<i>Bil</i>	<i>Stadsnät</i>
<i>Urban vägtrafik, Edinburgh, Salzburg, Helsinki</i>	(16)	<i>SATURN</i>	<i>Bil Morning-peak</i>	<i>Stadsnät</i>
<i>Järnväg, Schweiz</i>	(17)	<i>Regression</i>	<i>Tågpassagerare</i>	<i>Järnväg</i>
<i>Trängselkostnader, sjöfart, Sverige</i>	(9)	<i>Teori, regression</i>	<i>Sjöfart</i>	<i>Hamn</i>
<i>Trängselkostnader, Madrid flygplats</i>	(18)	<i>Deskriptiv</i>	<i>Flygpassagerare</i>	<i>Madrid flygplats</i>
<i>Mohringeffekt i järnvägstrafik, Sverige</i>	(12)	<i>Teori, regression</i>	<i>Tågpassagerare</i>	<i>Interurban järnväg</i>
<i>Mohringeffekt i europeisk flyg transport</i>	(19)	<i>Deskriptiv</i>	<i>Flygpassagerare</i>	<i>Rutter mellan europeiska flygplatser</i>
<i>Mohringeffekt i intermodal frakt transport</i>	(20)	<i>Stated preferences på fraktföretags beteende</i>	<i>Intermodal frakt</i>	<i>Rotterdam-Basle (inre vatten/väg) Antwerp-Milan (järnväg/väg) Antwerp-Bilbao (Sjöfart/väg)</i>

4.2.1 Vägtrafik

De fyra interurbana vägstudierna av trängseleffekter, Paris – Bryssel, Paris – München, Köln – Milano samt Duisburg – Mannheim beaktar både tids- och fordonskostnader till följd av ytterligare personbilar (de två första) eller tunga fordon (de två senare). För varje korridor har en huvudväg och en alternativväg identifierats med VACLAV modellen (nätverksmodell vid Universitetet i Karlsruhe). Modellen tycks arbeta med årsdygnstrafik.

Hastighetsflödessambanden är de officiella tyska sambanden. De elasticiteter man använder är mellan -0.2 och -0.5 för både person- och godstrafik.

Den totala trängselkostnaden för urban trafik i Bryssel definieras som samhällsekonomiska kostnader (inklusive miljö- och olyckskostnader) när trafiken reduceras till den samhällsekonomiskt optimala nivån. Marginalkostnaden definieras som den samhällsekonomiska kostnad som uppkommer vid ytterligare trafik. Detaljerade efterfråge- och nätverksmodeller användes (SATURN).

I tre lokala urbana studier, Edinburgh, Helsingfors och Salzburg, används SATURN-modellen för att uppskatta den marginella trängselkostnaden i morgonrusningstrafik.

4.2.2 Järnväg

Den schweiziska studien genomför en regressionsanalys mellan tågförseningar (>5min) och antalet passagerarresor per timme. Ett linjärt samband mellan trafikvolymen och förseningar har skattats. Marginaleffekten har värderats med ett tidsvärde. Ingen hänsyn kunde tas till orsaken till förseningen eller antal tåg på spåret.

I den svenska fallstudien på järnvägar koncentrerar man sig på kombinationen av kapacitet och kvalitet i interurban järnvägstrafik. Man finner med teoretiska motiv att man kan förvänta sig att frekvensen ökar i proportion till kvadratroten av trafikvolymen.

För fraktstudien definierades Mohringeffekten som värdet av att modifiera frekvensen av intermodal godstransport (kombinerad järnväg sjöfart). Transportörernas generaliserade kostnader uppskattades med hjälp av stated preference studier och uttrycktes som en funktion av efterfrågenivån. Den marginella Mohringeffekten beräknades genom att multiplicera efterfrågan med derivatan av den generaliserade kostnaderna med avseende på efterfrågan.

4.2.3 Flygtrafik

I studien av Madrids flygplats uttrycktes förseningar som en linjär funktion av försenade (>30 min) avgångar. En separat modell estimerar sannolikheten för en flygning att bli försenad.

I den större studien av flygtrafik har man ett urval av 469 intra-europeiska flyglinjer. Restiden har beräknats som den sammanvägda restiden för alla bolag som trafikerar sträckan. Det har antagits att passagerarna har en jämn efterfrågefördelning. Mohringeffekten i flygtrafik definierades som den marginella tidsinbesparing som följer på justeringar i tidtabellen där justeringen uppkommer på grund av ytterligare en passagerare. Studien finner att det finns ett samband mellan väntetiden och inversen av antalet passagerare.

4.2.4 Hamnar

Trängselkostnader i svenska hamnar har studerats utifrån sambandet mellan lång- och kortsiktig marginalkostnad.

4.3 Resultat

4.3.1 Vägtrafik

Trängselkostnaderna i de interurbana studierna är bara en bråkdel (15-25 %) i optimum jämfört med den ursprungliga externa trängselkostnaden. För sträckan Paris-Bryssel fann man en extern trängselkostnad i optimum på 4 €cent/fkm och för Paris-München 3 €cent/fkm. För tung trafik var kostnaderna 9 €cent/fkm respektive 13 €cent/fkm. Detta kan jämföras med de externa kostnaderna för trängsel i dagsläget som uppskattades till 10 €cent/fkm respektive 16 €cent/fkm för bilstudierna och 52 respektive 78 €cent/fkm för tunga trafiken.

För Bryssel finner man en trängselkostnad på 9 €cent/fkm som ett genomsnitt för alla vägar. Skillnaden mellan områden och vägtyper är liten; kostnaden i centrala Bryssel är bara 50 % högre än i stadens utkanter.

I fallstudien över de tre olika städerna (Edinburg, Salzburg och Helsingfors) finner man marginella externa trängselkostnader på 12, 16 respektive 5 €cent/fkm för bilar och 23, 36 respektive 9 €cent/fkm för lastbilar. Skillnaden mellan olika delar är upp till 7 gånger.

Det kan noteras att skillnaden mellan trängselkostnaden i olika städer är stor. Med viss lokal kännedom om de olika städerna verkar detta inte helt orimligt. Mer förvånande är att flera städer visar på trängselkostnader ner mot motsvarande kostnad för interurbana vägtransporter.

4.3.2 Järnväg

I den Schweiziska modellen skattar man samband mellan antalet passagerare och förseningstiden. Den genomsnittliga trängselkostnaden uppskattas till 9 €cent/pkm men är upp till 28 €cent/pkm i rusningstrafik (baserat på en ressträcka på 34 km). Om man bara räknar med förseningar över 5 minuter faller kostnaderna till en tredjedel. I en särskild kompletterande studie har resultat från Railtrack sammanfattats som visar på trängselkostnader mellan 17 €cent/pkm och 24 €cent/pkm.

Mohringeffekten beskrivs i den svenska studien vilken kommer till slutsatsen att tågfrekvensen justeras med kvadratroten på efterfrågan. I en samlande studie (ref. 17) där dessa resultat appliceras på kunskaper från England får man en Mohringeffekt på 100 € per tågkm på täta linjer och på upp till 240 € per tågkm för glesa linjer.

Den intermodala fraktstudien har visat att det finns en Mohringeffekt, men man kunde inte specificera dess storlek.

4.3.3 Flygtrafik

Den genomsnittliga förseningskostnaden med beaktande både av passagerar- och flygbolagens kostnader var för Madrids flygplats 10 €/flygkm. Mohringeffekten befanns vara mellan 186 €/flygkm på täta linjer och ända upp till 1573 €/flygkm för glesa linjer.

4.3.4 Hamnar

Med data för Uddevalla från 1973 – 1976 konstateras att trängselkostnader inte var märkbara i denna hamn.

5 Olyckor

5.1 Metoder

Den metod för beräkning av externa marginella olyckskostnader som utvecklats i samband med bland annat UNITE projektet finns redovisad i separat PM till SIKA 'Trafiksäkerhet och marginalkostnader' se bilaga 2. Samtliga fallstudier utom den schweiziska följer denna ansats. Den schweiziska för en diskussion om vållande och söker estimerade vad det innebär för kostnaderna. För stunden är vi osäkra på exakt vad deras teoretiska underbyggnad implicerar.

Projektet koncentrerades av resursskäl på tre djupa fallstudier med unika resultat och tre fallstudier där man försökte implementera metoden. Den ena av dessa var studien över inre vattenvägar som refererats tidigare.

5.2 Fallstudier

Översikt över olycksfallstudier

<i>Fallstudie</i>	<i>Referenser</i>	<i>Metod</i>	<i>Typ av trafikant</i>	<i>Typ av infrastruktur</i>
<i>Total länderstudie, Schweiz</i>	(21)	<i>Försök med vållande</i>	<i>Vägtrafikanter, (järnvägspassagerare)</i>	<i>Alla vägar, motorvägar, tätort, landsbygd. Järnväg (enbart genomsnittskostnad)</i>
<i>Stockholm med en jämförelse med Lissabon</i>	(22)	<i>Standard, implementering</i>	<i>Bilister</i>	<i>Väg</i>
<i>Järnvägsolyckor, Sverige</i>	(23)	<i>Standard, studie av elasticiteter</i>	<i>Järnvägspassagerare</i>	<i>Plankorsningar (med olika skyddsanordningar)</i>
<i>Tunga fordon, Sverige</i>	(24)	<i>Standard, studie av elasticiteter</i>	<i>Tunga fordon</i>	<i>Väg</i>
<i>Sjöfart</i>	(25)	<i>Standard</i> <i>Diskussion om sjöfart</i>	<i>Kommersiell sjöfart</i>	<i>Sjöfart</i>

5.2.1 Väg

Den schweiziska studien avser både väg och järnväg. Studien täcker hela landet och beräknar marginalkostnader för olika vägtyper etc. utifrån en stor databas för olycksrisker. I studien görs nya studier av elasticiteten som bekräftar andra resultat, dvs. elasticiteten är låg.

Studien över tunga fordon baseras på en databas över individuella körsträckor för lastbilar i Sverige. Den elasticitet som skattas avser alltså ändrad körsträcka för individuella fordon. Studien som söker jämföra Stockholm och Lissabon sammanfattar några befintliga skattningar på risker och olyckskostnader.

5.2.2 Järnväg

Den svenska järnvägsstudien avser enbart korsningsolyckor och nyttjar en i projektet insamlad databas över samtliga järnvägs korsningar med uppgifter om tågtrafik och i vissa fall vägtrafik tillsammans med olycksdata. Studien tittar enbart på personskadeolyckor. Den schweiziska studien försöker också beräkna marginalkostnader för järnvägen.

5.2.3 Sjöfart

Denna studie diskuterar möjligheterna av att implementera metoden inom sjöfarten.

5.3 Resultat

Resultaten från fallstudierna har sammanfattats i tabellen nedan (källa 26).

Tabell 11: Sammanfattning av resultat

Trafikslag	Enhet	Risk (Olyckor per million enheter)	Kostnad per olycka (k€)	Andel intern kostnad (%)	Elasticitet	Genom snittsko stnad (€ per enhet)	Extern marginalkostn ad (€ per enhet)
<i>Schweiz</i>							
Vägtrafik – alla vägar	Fordonsk m	1.270	-	0.68 ^{C)}	-0.54	0.025	-0.031/0.012
motorväg	=	0.201	-		-0.50	0.005	-0.004/0.002
andra	=	1.184	-		-0.62	0.030	-0.022/0.014
tätort	=	2.362	-		-0.25	0.099	-0.004/0.048
Järnvägpasagera re	Pass.km	0.0017	-	0	-	(0.04/0. 30)	-
gods	Tonkm	0.0006	-	0	-		
<i>Sverige - Lissabon</i> ^{E)} ^{D)}							
Sverige	Fordonskm	8.4	-	0.76	-	-	-
Lissabon	=	38.1	-	0.65	-	-	-
Tätort, Sverige	=	5.9	-	0.59	-	-	-
<i>Järnvägar Sverige</i>							
Alla plankorsningar	Passage	0.271 ^{B)}	971.0	0 ^{A)}	-0.87	0.26	0.034 ^{B)}

Bommar	=	0.225	=	=	-0.72	0.22	0.062
Annat skydd	=	0.725	=	=	-0.85	0.70	0.108
Utan skydd	=	0.085	=	=	-0.92	0.066	0.007
Tunga fordon							F)
Sverige genomsnitt >12t	Fordonskm	0.869	58.3	0.09	-0.76	-	0.0084
12t – 14.9t (2)	=	1.002	36.2	0.15	-0.90	-	(-0.00081)
15t – 18.9 t (3)	=	0.896	77.0	0.07	-0.86	-	0.0062
19t – 22.9 t (4)	=	0.724	45.9	0.09	-0.71	-	0.0074
23t – 26.9t (5)	=	0.977	55.0	0.12	-0.74	-	0.0081
27t – 30.9t (6)	=	0.914	57.6	0.07	-0.61	-	0.016
över 31 t (7)	=	1.030	99.3	0.03	-0.74	-	0.032
Sjöfart							
Svenska fartyg på svenska vatten	Registrera de fartyg	0.026	n.a.	n.a.	n.a.	-	73 – 10 000 per år
Kanaltrafik							
Rhen	Fartygstön km	0.273	73.9	0.91	0	0.020	0.0019
Rhen	Fartygsrör else	0.0022	=	=	=	162	16

A) Endast personskador var inkluderade för väg/järnvägsolyckor

B) Personskadeolyckor

C) Ansvarig skadad/Alla skadade

D) Dödsfallsrisk

E) För personbilar

F) Modell 3

Den generella bild som framträder är att estimerade elasticiteter är låga, och att risken ofta faller med mer trafik. Detta kompletterat med antagandet att trafikanten internaliserar sin egen (kategoris) genomsnittskostnad medför i många fall låga avgiftsrelevanta marginalkostnader, i vissa fall negativa, framförallt när förare av en fordonskategori oftast drabbas själv i olyckor.

5.3.1 Väg

Den schweiziska studien tar fram nya skattningar av riskelasticiteten och finner värden som sträcker sig från -0.62 på motorvägar till -0.25 för vägar i tätbyggda områden. Resultatet blir marginalkostnader som är små men negativa. I genomsnitt är marginalkostanden ca -3 €cent/fkm men sträcker sig från -2.2 €cent i interurban trafik till -0.4 €cent/fkm i tätorter.

I studien över tunga fordon har också skattningar av elasticiteter genomförts. Resultaten visar på kraftigt negativa elasticiteter, men det kan bero på den valda metoden där längre körsträckor är förknippade med körning i säkrare miljöer (eller utomlands). Elasticiteten ökar med axellast. Den genomsnittliga marginalkostnaden är 0.84 €cent/fkm med en lägsta skattning på 0.4 €cent/fkm för de lättaste och 1.3 €cent/fkm för de tyngsta lastbilarna.

5.3.2 Järnvägen

Den svenska korsningsstudien har redovisats i andra sammanhang och vi nöjer oss därför här med att sammanfatta resultaten i en tabell.

Tabell 12: *Marginalkostnaden för korsningsolyckor*

<i>Skyddsanordning</i>	<i>Kostnad per passage</i>
<i>Bommar</i>	<i>0.062 €/passage</i>
<i>Öppen korsning med ljussignaler eller kryssmärke</i>	<i>0.108 €/passage</i>
<i>Oskyddad korsning</i>	<i>0.007 €/passage</i>
<i>Alla korsningstyper</i>	<i>0.034 €/passage</i>

5.3.3 Sjöfart

I studien över trafiken på Rhen fann man en olyckskostnad på 0.0018 € per tonkm. Den svenska studien analyserade detaljerade olycksregister från Sjöfartsverket och konstaterade att den möjliga marginalkostnaden var låg.

6 Miljökostnader

6.1 Metoder

Samtliga fallstudier utom en använde den så kallade ExternE modellen vilken bygger på en i modellen utvecklad effektkedjemethod (Impact Pathway Approach - IPA). Modellen finns beskriven i Friedrich och Bickel (2001) och kommer inte att beskrivas vidare i denna PM. ExternE modellen är inte en unik modell utan flera versioner finns i omlopp och i olika stadier av uppdatering. Den utveckling som skett i UNITE projektet är att använda effektkedjemethoden på buller.

De miljökostnader som ingår i dessa fallstudier avser:

1. Luftföroreningars inverkan på hälsa, naturmiljö och byggnadsmaterial,
2. Växthuseffekter
3. Bullerstörningar.

Metoden har använts tidigare för luftföroreningar och får sägas vara väl utprövad. Bulleransatsen är nyutvecklad och innehåller en del problematiska delar relaterade till bulleremissionen från olika fordon och spridningsmodeller beroende på topografi etc. För växthusgaser är uppskattningen av emissionerna ganska enkla och det största problemet här är valet av värdering av skadorna. En europeiskt skuggpris på €20 per ton utsläppt CO₂ används.

Fallstudien i Florens har ersatt effektkedjemethoden med en förenklad modell som söker ett samband mellan trafikarbete och uppmätta värden på CO och bullernivåer. Antalet fallstudier (en) är emellertid för litet för att man ska kunna dra några klara slutsatser av denna förenklade modell.

6.2 Fallstudier

Totalt har nio fallstudier genomförts vilka sammanfattas i tabellen nedan.

Tabell 13: Översikt över fallstudier rörande miljökostnader

<i>Fallstudie</i>	<i>Referens</i>	<i>Metod</i>	<i>Typ av trafikant</i>	<i>Typ av infrastruktur</i>
<i>Urban vägtrafik Helsingfors</i>	(27)	<i>ExternE</i>	<i>Personbil</i>	<i>Urban väg</i>
<i>Interegional tunga fordon E18 Finland</i>	(27)	<i>ExternE</i>	<i>Lastbil</i>	<i>E18 Finland</i>
<i>Sjöfart Helsingfors – Tallinn</i>	(27)	<i>ExternE</i>	<i>Passagerarfärja</i>	<i>Östersjön</i>
<i>Urban vägrafik Berlin och Stuttgart</i>	(27)	<i>ExternE</i>	<i>Personbil, lastbil</i> <i>Light rail</i>	<i>Urban väg</i> <i>Light rail</i>
<i>Interurban väg- och järnvägstrafik, Tyskland</i>	(27)	<i>ExternE</i>	<i>Personbil, lastbil</i> <i>All järnväg</i>	<i>Interurban väg</i> <i>Järnväg</i>
<i>Flyg, England till Tyskland</i>	(27)	<i>ExternE</i>	<i>Passagerarflyg</i>	<i>Berlin-Tegel till London- Heathrow</i>
<i>Urban vägtrafik Florens</i>	(27)	<i>Förenklad modell</i>	<i>Personbil, lastbil</i>	<i>Urban väg</i>
<i>Interurban väg- och järnvägstrafik, Italien</i>	(27)	<i>ExternE</i>	<i>Personbil, lastbil</i> <i>All järnväg</i>	<i>Interurban väg</i> <i>Järnväg</i>
<i>Inre vattenvägar, Rhen</i>	(27)	-	<i>Container transporter</i>	<i>Rhen mellan Rotterdam- Mannheim</i>

6.2.1 Vägtrafik

Den finska fallstudien avser en 9 km lång vägsträcka i centrala Helsingfors med en hastighetsgräns som varierar mellan 40 km/h och 60 km/h. Marginalkostnader har skattats genom att ytterligare ett fordon lagts till trafikflödet. Den andra finska fallstudien avser tunga fordon på E18 genom Finland. Vägsträckan är 160 km lång och genomsnittshastigheten 80 km/h. Liksom den första studien avser marginalkostnaderna ytterligare ett fordon.

I Tyskland har två städer använts för fallstudierna av tätortstrafik, dels 'Frankfurter Allee' i Berlin och dels 'Hohenheimer Strasse' i Stuttgart. Det framgår inte om marginalkostnadsskattningen genomförts med samma metod som den finska, dvs. ytterligare ett fordon. Denna studie inkluderar även 'light rail'. Den tyska inter-urbana fallstudien avser två olika interurbana vägar, dels en motorvägssträcka från Basel till Karlsruhe och dels en sträcka från Strassburg till Neubrandenburg. Den första sträckan är 210 km lång och den andra 39 km lång.

Florensstudien använder en annan ansats än ExternE. Studien estimerar såväl buller som luftföroreningskostnader. Den andra italienska studien nyttjar ExternE och avser interurban trafik mellan Bologna och Brennero respektive Milano och Chiasso.

6.2.2 Järnväg

Både den tyska och den italienska fallstudien avser samma korridorer som motsvarande vägstudie. Det framgår inte om marginalkostnadsskattningen genomförts med samma metod som i de finska studierna.

6.2.3 Sjöfart

Sjöfartsstudien avser en passagerarfärja mellan Helsingfors och Tallinn. Liksom de andra finska studierna så har man adderat en ytterligare resa för att skatta de marginella kostnaderna. Sträckan är 90 km.

6.2.4 Luftfart

För luftfart gjordes en fallstudie rörande en rutt från Berlin till London inklusive start, 'cruising' och landning. För 'cruising' kunde enbart CO₂ kostnader (och bränslecykeln) tas med vilket medför en underskattning.

6.3 Resultat

6.3.1 Vägtrafik

Den totala marginalkostnaden för personbilar på den undersökta vägsträckan i Helsingfors är 0.7 €cent/fkm på kvällar och dagar medan den stiger till 1.0 €cent/fkm på nätter genom den ökade nattbullerkostnaden. Ser vi på de enskilda komponenterna finner vi att nattbuller står för den största kostnaden, 0.5 €cent/fkm, medan dagbullret bara är 0.22 €cent/fkm. Den näst största komponenten är CO₂ med 0.35 €cent/fkm. Hälsoeffekter uppgår till 0.11 medan skador på grödor och material kostar 0.008 €cent/fkm. För kallstarter ökar kostnaderna vintertid med 2.4 €cent/start och när emissioner under hela bränslekedjan adderas stiger kostnaderna med 10 %. Skillnaden mellan Euro II och Euro III är liten (<10 %). För tunga fordon får man en marginalkostnad på mellan 3.7 och 5.0 €cent/fkm. Skulle man inkludera bullerkostnaderna stiger marginalkostnaden till mellan 7.7 och 8.8 €cent/fkm. Kallstarter ökar kostnaden med 4.9 €cent/start och inkluderas hela bränslekedjan stiger kostnaden med ca 10 % även här.

Tabell 14: Marginella miljökostnader för HGV på E18 i Finland (€cent/fkm)

	EURO II 42 t	EURO II 60 t	EURO III 42 t	EURO III 60t
Hälsa	1.98	2.146	1.3	1.42
Gröda, material	0.11	0.177	0.108	0.118
CO ₂	2.40	2.64	2.46	2.71
Buller		1.58 – 3.86		

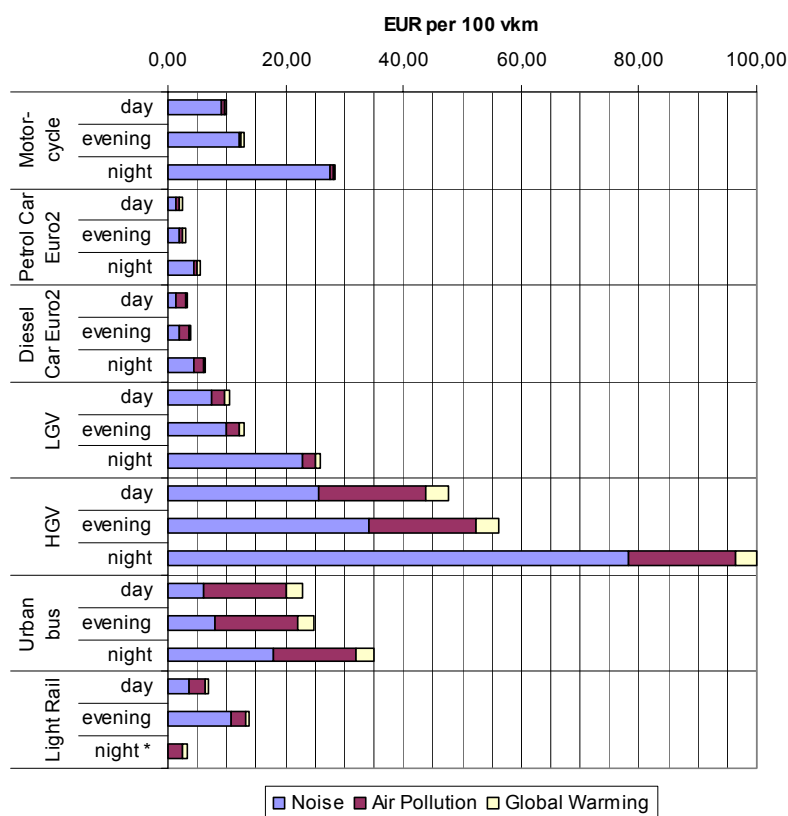
Till skillnad från de finska studierna visar de tyska tätortsstudierna att buller blir den dominerande marginalkostnaden. I tabellen nedan har vi grovt sammanfattat resultaten från Stuttgart och Berlin.

Tabell 15: Ungefärliga marginalkostnader för luftföroreningar, buller och växthusgaser i urban trafik, Tyskland (€cent/fkm).

	Stuttgart			Berlin		
	Dag	Kväll	Natt	Dag	Kväll	Natt
Motorcykel	10	12	27	3.5	4	9
Bil bensin Euro II	3	3.5	6	1.5	1.5	2
Bil diesel Euro II	3.5	4	7.5	2	2	2.5
Lätt lastbil	11	13	26	4	5	9
Tung lastbil	47	55	100	22	25	38
Buss	23	25	40	13	14	17

Denna kostnadsbild implicerar höga bullerkostnader eftersom störningsfunktionerna är sådana att kostnaden är höga för störd nattsömn. I figuren nedan, från en 'draft' version av referens 27, ser vi uppdelningen i olika kostnadslag för Stuttgart där även 'light rail' inkluderats (men exklusive nattbuller för light rail).

Figur 1: Marginalkostnader för Stuttgart 'Hohenheimer Strasse'



Källa: Bickel et.al version 1.1 16/9 2002 sidan 25

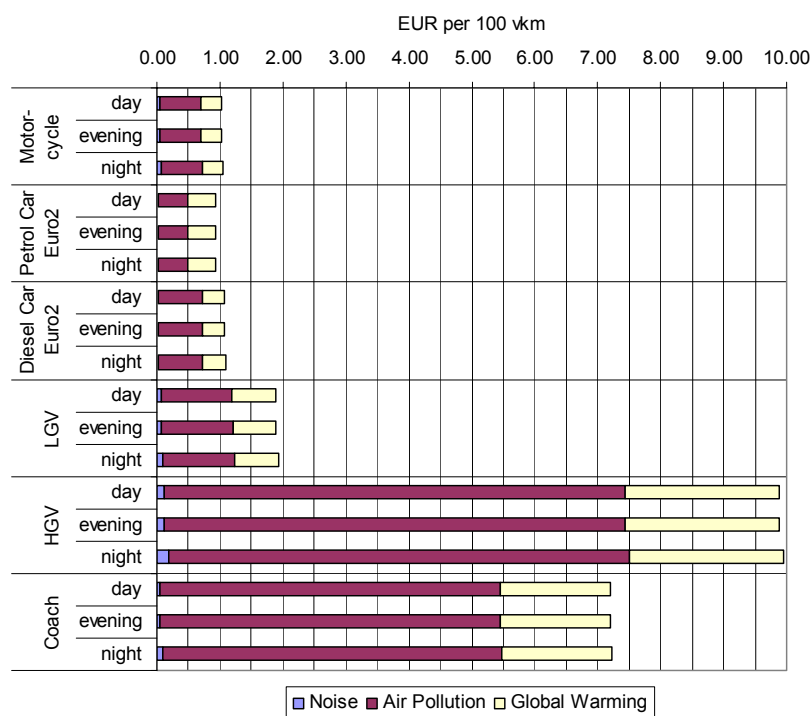
I den interurbana motorvägskorridoren som redovisas i tabellen nedan spelar buller en negligerbar roll som kan ses av resultaten. I den mer befolkade korridoren (i de högra kolumnerna) spelar buller för motorcyklar och tyngre fordon in.

Tabell 16: Ungefärliga marginalkostnader för luftföroreningar, buller och växthusgaser i interurban trafik (€cent/fkm.)

	Basel - Karlsruhe			Strassburg - Neubrandenburg		
	Dag	Kväll	Natt	Dag	Kväll	Natt
Motorcykel	1	1	1	1.5	1.5	2
Bil bensin Euro II	1	1	1	1	1	1
Bil diesel Euro II	1	1	1	1	1	1
Lätt lastbil	2	2	2	2	2	3
Tung lastbil	10	10	10	15	15	17
Buss	7	7	7	9	9	9.5

Vi ser kostnaderna fördelat på de olika kostnadsslagen i figuren nedan för sträckan Basel - Karlsruhe.

Figur 2: Marginalkostnader Basel-Karlsruhe



Källa: Bickel et al version 1.1 16/9 2002 sidan 28

Florensstudien finner en (så kallad) marginalkostnad på 3 €cent/fkm för konventionell dieselbil, 1.2 €cent/fkm för dieselbil Euro I och 0.9 €cent/fkm för en dieselbil Euro II. Resultaten från den andra italienska studien, vilken baserats på ExternE, sammanfattas nedan.

Tabell 17: Marginalkostnad för luftförorening och växthusgaser (€cent/vkm)

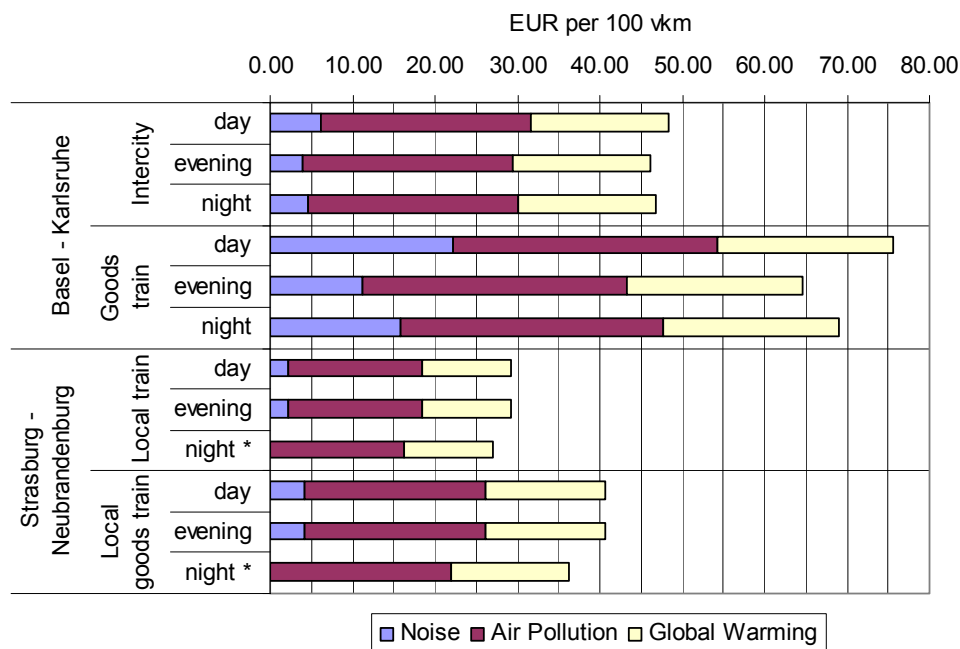
<i>Fordons typer</i>	<i>Milano-Chiasso</i>	<i>Bologna-Brennero</i>
<i>Bil diesel</i>	2.27	1.09
<i>Bil bensin</i>	0.61	0.55
<i>Buss</i>	6.21	5.24
<i>Lätt lastbil</i>	3.02	1.58
<i>Tung lastbil</i>	8.88	7.23

I denna studie finner man betydligt lägre bullerkostnader. Nattbullret uppgår till 0.04 €cent/fkm för en bil i den första korridoren och 0.002 €cent i den andra.

6.3.2 Järnväg

För järnväg användes i den tyska studien den nationella operatörens energimix. Kostnadsskillnaderna för de båda tågen nedan beror på skillnader i energiförbrukning och skillnader i bullerkostnader. Skillnaden mellan kostnaderna för den lokala linjen och den större linjen beror på att den senare går genom mer tät bebyggelse och enbart trafikeras av mindre bullrande lokala tåg. Om vi tolkar resultaten rätt medför en ökning av antalet godståg när vi går från dag till kväll att den marginella bullerkostnaden sjunker.

Figur 3: Marginalkostnader för luftföroreningar, buller och växthusgaser i interurban tågtrafik (inga nattåg)



Källa: Bickel et al version 1.1 16/9 2002 s 29

Tabellen nedan visar en sammanfattning över marginalkostnaderna i den italienska ExternE studien. Liksom för den tyska studien dominerar luftföroreningskostnader över CO₂. Bullerkostnaderna visar här en stor variation mellan de olika rutterna. Detta kan delvis förklaras av att längden på rutten som utgår från Bologna har inneburit svårigheter att samla information om exponerade men den går också i mindre tätbefolkade områden.

Tabell 18: Marginalkostnader (€cent/tågkm) 1998

	Luftförorening	Växthusgaser	Buller, dag	Buller, kväll	Buller, natt
<i>Godståg</i>					
<i>Milano – Chiasso</i>	14.8	0.5	13.2	14.1	10.0
<i>Bologna - Brennero</i>	18.3	0.2	0.3	0.4	0.6
<i>Passagerartåg</i>					
<i>High Speed Train</i>	41.8	0.7	-	-	-
<i>Intercity Milano – Chiasso</i>	31.6	0.5	1.4	1.7	4.1
<i>Bologna - Brennero</i>			0.04	-	0.03
<i>Lokal tåg Milano– Chiasso</i>	23.3	0.4	1.2	1.4	1.2
<i>Bologna - Brennero</i>			0.19	0.2	0.25

6.3.3 Sjöfart

Liksom de andra finska studierna beräknar denna studie marginalkostnaden som kostnaden av ytterligare ett fordon, i detta fall en passagerarfärja mellan Helsingfors och Tallinn. Marginalkostnaden är beräknade både för själva resan och för tiden vid kaj i båda hamnarna.

Tabellen nedan visar marginalkostnaderna vid öppen sjö. Den totala marginalkostnaden uppgår till 18€/färjekm. Hela sträckan är 90 km lång. De regionala hälsoskadorna dominerar men kostnaden för växthuseffekten är också relativt stor.

Tabell 19: Marginalkostnad för en färja från Helsingfors till Tallinn (€cent/km)

<i>Impact category</i>	<i>€cent/km</i>
Lokala effekter	
Sjukdom	16.3
Dödsfall	61.2
Regionala effekter	
Gröda och material	88.9
Sjukdom	346.0
Dödsfall	694.6
Växthuseffekter	593.5
Bränslekedjan	1.38
Totalt	1 803

Kostnaden vid kaj beror på liggetiden som uppskattats till 8 ½ timme i genomsnitt. Den marginella emissionskostnaden är 0.3 €/timme vilket innebär att ett stopp i kaj kostar 250 - 260 €cent. Även här dominerar de regionala effekterna. Den totala marginalkostnaden domineras av kostnaden i öppen sjö. Vid kaj används lågsvavligt bränsle medan huvudmaskinerna i öppen sjö körs på bränsle med högt svavelinnehåll.

6.3.4 Luftfart

Båda flygplatserna som ingår i den studerade rutten ligger i tätbefolkade områden. Man har nyttjat data för en Boeing 737-400 vilken är vanlig i europeisk trafik. Tabellen nedan (från referens 27) visar luftföroreningskostnaden för hela LTO cykeln. Kostnaden domineras av direkta emissioner och kostnaden för bränslecykeln är försumbar. För 'cruising' ingår enbart CO₂ vilket underskattar kostnaderna.

Tabell 20: Marginalkostnaden för en flygning London – Berlin (€)

		Luftföroreningar			Växthuseffekter			Totalt
		direct emissions	fuel production	total	direct emissions	fuel production	total	
Berlin Tegel	LTO-cycle	42.18	8.56	50.74	44.74	5.68	50.42	101.16
	Departure	28.29	4.64	32.93	24.26	3.08	27.35	60.28
London Heathrow	LTO-cycle	37.86	6.01	43.87	48.57	6.17	54.74	98.62
	Arrival	13.21	2.77	15.98	22.35	2.84	25.19	41.17
Flight Berlin - London	Cruise	1)	33.47	33.47	175.00 2)	22.22	197.22	230.70
	Total 3)	41.51	40.88	82.39	221.61	28.14	249.75	332.15

Källa: Bickel et al version 1.1 16/9 2002

Bullerkostnaden i London uppskattas till 59 € per landing eller avgång. Tillsammans blir miljökostnaderna för en flygning London – Berlin ca 391 € vilket utgår från att kostnaden är ungefär densamma vid båda flygplatserna. Kostnaden blir 42 €cent/flygkm.

7 Lärdomar

Vi har sett att UNITE projektet innehåller en mängd fallstudier som verkligen försöker skatta marginalkostnader utifrån en, i de flesta fall, relevant och klar teori. De genomförda studierna visar att det går att göra sådana studier, men också att vi i många fall har för få studier för att kunna uttala oss om säkerheten i skattningarna liksom i vilken grad de går att generalisera.

Vi upprepar att ambitionen bakom genomgången varit att översiktligt redogöra för och summera metoder och resultat från olika fallstudier (som betonades redan inledningsvis har några av fallstudierna varit tillgängliga endast i preliminär form). Vi tror samtidigt att genomgången tjänar syftet att vägleda läsaren mot, utifrån olika specialintressen, särskilt intressanta studier.

7.1 Metoder

Vi kan först särskilja två typer av angreppssätt, de som söker skatta marginalkostnader från grunddata i ett särskilt fall (A) och de som söker applicera en utvecklad modell med karaktäristika från ett särskilt fall (B).

De senare (B) producerar marginalkostnader men allt bygger då på att den underliggande modellen är riktig. I denna grupp finner vi miljökostnadsstudierna liksom flera av trängselstudierna. Dessa studier har varit svårast att tränga in i eftersom en befintlig modell utnyttjas som sällan beskrivs tydligt. Även några av olycksstudierna kan sägas ha denna karaktär även om de är betydligt enklare.

I grupp (A) finner vi en mängd olika metoder. Vi kan konstatera att *ekonometri* är svårt. Det är egentligen bara studien av Nilsson och Johansson (VTI) som lyckats bra med det ekonomiska angreppssättet. I vissa fall beror problemen i andra studier på kvaliteten i grunddata. En bra databas är nödvändig för att lyckas. Det är också möjligt att man inte alltid haft den rätta kompetensen för detta angreppssätt. En annan metod som används är vad som här kallas *'ingenjörsmässig ansats'*. VTI har använt den för att skatta marginalkostnaderna relaterade till reinvesteringar för tunga fordon. Utgångspunkten är här att fysiska data är lättare att få tag i än ekonomiska. Genom att bygga upp en teoretisk modell som beskriver sambandet mellan ekonomisk och fysisk information kan vi härleda marginalkostnaderna från de fysiska sambanden. Begreppet är vagt och kan inkludera flera olika varianter. I grunden tycks metoden fungera. Den tredje metoden omfattar olika typer av *'incremental' kostnadsallokering* (vi söker ett bättre ord). Dels delar man upp kostnaden på olika kostnadsdrivare enligt något vedertaget mönster. Sedan jämför man förändringen i kostnaden som allokaterats till en viss kostnadsdrivare med utvecklingen i kostnadsdrivaren själv. I fall där man har en kostnadsdrivare fungerar metoden, men när man har många blir allokeringen kritisk. Bakgrunden till de olika *'vedertagna'* allokeringssnycklarna är

sällan redovisade. Slutligen har vi skattningar av den *långsiktiga marginalkostnaden*, som i och för sig inte är en annan metod, men visar på ett annat angreppssätt, där man längs den optimala expansionsbanan konstaterar att kort och långsiktig marginalkostnad är lika.

7.2 Resultat

Att skaffa sig en heltäckande bild över marginalkostnaderna för en viss enskild transport går tyvärr inte från detta material. Fallstudierna är inte samordnade på det sättet. Men vi kan ändå göra vissa konstateranden.

Dels har vi sett att marginalkostnaden nästan alltid är lägre än genomsnittskostnaden, dvs. kostnadselasticiteten är mindre än ett. Det tycks gälla för infrastrukturkostnader, trafikeringskostnader och olyckskostnader men, naturligtvis, inte för trängselkostnaderna och vi är osäkra på hur det är med miljökostnaderna. Vidare tycks det som att länder med högre trafikvolym ger elasticiteter närmare ett, vilket stämmer med att man befinner sig på den fallande delen av en traditionell U-formad kostnadskurva.

Som en följd av detta kan vi också konstatera att vi ofta finner förvånansvärt låga marginalkostnader. Att skattningarna av marginalkostnader ofta är lägre än som uppgivits i tidigare studier förklaras av tidigare studier ofta redovisat genomsnittskostnader. Framförallt gäller detta olyckskostnaderna.

Vi tycker oss också se att trängselkostnaderna är låga vilket är mer förvånande och svårt att förklara eftersom vi i många fall här rör oss i de mest trafikerade delarna av Europa. Möjligen är det så att vad vi *a priori* förväntar oss, är kostnader i samma nivå som de som tagits fram för att beskriva dagens kostnader, medan vi här talar om kostnader i optimum. Vi har sett att anpassningen innebär att denna kostnad bara är 15 – 25 % av dagens trängselkostnadsnivå i vissa av studierna.

För miljökostnaderna tycks bullerkostnaderna vara bland de dominerande komponenterna i många fall. Metoden för bullerkostnadsberäkning är nyutvecklad och det är lite oroande att man länge negligerat denna tydligen viktiga kostnadspost. Vidare tycker vi oss se att höga bullerkostnader erhålls efter direkt värdering av bullerstörning, medan de komplicerade effektkedjesambanden ger ganska låga kostnader. En annan intressant notering är att kostnaderna för CO₂ dominerar över hälsokostnaderna. Det är för de senare som effektkedjesambanden och modellerna tagits fram medan man för de förra nöjer sig med skuggpriser.

8 Referenser

Fallstudiereferenser

- 1) Donselaar van, P. and H. Carmighelet (2001): 'Container transport on the Rhine Marginal Cost Cases Study', NEI BV Netherlands.
- 2) Link, H. (2002): 'Road econometrics – Case study on renewal costs of motorways Germany', DIW.
- 3) Schreyer, C., N. Schmidt and M.Maibach (2002): 'Road econometrics – Case study motorways Switzerland', INFRAS.
- 4) Herry, M. and N. Sedlacek (2002): 'Road econometrics – Case study motorways Austria', Herry.
- 5) Lindberg, G. (2002): 'Marginal costs of road maintenance for heavy goods vehicles on Swedish roads', VTI
- 6) Johansson, P. and J-E, Nilsson (2001): 'An Economic Analysis of Track Maintenance Costs', VTI.
- 7) Nash, C. and B. Matthews (2001): 'British Rail Infrastructure Case Study', ITS, Leeds.
- 8) Himanen, V., I. Idstrom, A. Gobel and H. Link (2001): 'Infrastructure Cost Case Studies, Annex 5. Helsinki-Vantaa Airport', JP-Transplan Ltd and DIW.
- 9) Jansson, J.O. (2002): 'Swedish seaport case study', Linköpings Universitet.
- 10) Tsamboulas D., D. Korizis and A.Kopsacheili (2001): 'Mediterranean Short-Sea Shipping including Piraeus Port Marginal Cost Case Study', SYSTEMA.
- 11) Macário, R., M. Carmona, F. Crespo Diu, O. Betancor, G. Nombela, R.Ericsson, J. O. Jansson (2002): 'Supplier Operating Cost Case Studies', UNITE D6, TIS.PT, EIET and Linköpings Universitet
- 12) Ericsson, R. and J.O. Jansson (2001): 'Price-relevant marginal cost of scheduled public transport (SPT): Case study of Swedish interurban rail passenger transport', Linköpings Universitet.
- 13) Betancor, O. and G.Nombela (2001): 'European air transport operating costs', EIET, University of Las Palmas de Gran Canaria.
- 14) Doll, C. (2001): 'Congestion cost in Inter-urban road and rail user costs', IWW., University of Karlsruhe.
- 15) Lobé, P. and A. Henry (2002): 'Road Congestion Costs in Brussels Urban Transport', STRATEC, Brussels.
- 16) Milne, D. (2002): 'Multiple Urban Road Congestion Cases', ITS, Leeds.
- 17) Doll, C. (2002): 'Transport User Cost and Benefit Case Studies', UNITE D7, IWW., University of Karlsruhe.
- 18) Betancor, O. and G. Nombela (2001): 'Evaluation of congestion cost for Madrid airport', EIET, University of Las Palmas de Gran Canaria.
- 19) Betancor, O. and G. Nombela (2001): 'Mohring Effects for Air transport', EIET, University of Las Palmas de Gran Canaria.
- 20) Lobé, P. (2002), 'Mohring Effects for Freight Transport', STRATEC, Brussels.
- 21) Suter, S., H. Sommer, M. Marti (2002): 'Marginal External Accident Costs in Switzerland', Ecoplan.

- 22) Lindberg, G. (2002): 'Marginal External Accident Costs in Stockholm and Lisbon', VTI, Borlänge.
- 23) Lindberg, G (2002): 'The marginal cost of road/rail level crossing accidents on Swedish railways', VTI, Borlänge.
- 24) Lindberg, G (2002): 'External Accident Costs of Heavy Goods Vehicles', VTI, Borlänge.
- 25) Lindberg, G. (2002): 'Marginal External Accident Costs in Maritime transport on the Baltic sea', VTI, Borlänge.
- 26) Lindberg, G. (2002): 'Marginal accident cost – case studies', UNITE D9, VTI, Borlänge.
- 27) Bickel, P., S. Schmid, J. Tervonen, K. Hämekoski, T. Otterström, P. Anton, R. Enei, G. Leone, P. van Donselaar, H. Carmigchelt (2002): 'Environmental Marginal Cost Case Studies', UNITE D11, IER, EKONO, ISIS and NEI.

Övriga referenser

Friedrich, R. and P. Bickel (eds.) (2001) *Environmental External Costs of Transport*. Springer Verlag, Heidelberg.

Thomas, F. (2002), Comments on the paper 'Road econometrics – case study on renewal costs of German motorways' by Link 28/8 2002. PM, VTI, Borlänge.

Bilaga 2

Trafiksäkerhet och marginalkostnader

Gunnar Lindberg, VTI
Januari 2003

PM skrivet för SIKA

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	41
2	EXTERNA MARGINALKOSTNADER AV TRAFIKOLYCKOR	43
2.1	Ett försök till pedagogisk genomgång	43
2.1.1	Karaktäristika	43
2.1.2	Intern och extern.....	44
2.1.3	Trängseffekten.....	45
2.2	Teorin	46
2.3	Kritik	47
3	KÖRBETEENDE, INDIVIDUELL RATIONALITET OCH SAMHÄLLSEKONOMISK EFFEKTIVITET	49
3.1	Hastighetsval i en värld utan försäkringar eller statliga interventioner... 51	
3.2	Statliga interventioner	52
3.2.1	Avgifter eller subventioner för trafiksäkert beteende.....	53
3.2.2	Reglering	53
3.3	Försäkringar.....	61
3.3.1	No-fault	62
3.3.2	Ansvarsförsäkring	62
3.4	Svensk försäkring.....	64
4	DE VANLIGA EXTERNA MARGINALKOSTNADERNA IGEN	66
4.1	Hastighetsavgifter och hastighetsböter.....	66
4.2	Ansvarsfördelning	67
5	KOSTNADER FÖR UNDVIKANDET AV RISK	69
5.1	En teoretisk genomgång	69
5.1.1	Separat kostnad för skydds beteendet.	69
5.1.2	Hypotetisk risk	70
5.2	Diskussion av storleksordningar	71
6	SLUTSATSER	72
7	REFERENSER	74
8	BILAGA 1 – OLYCKSVÄRDERINGAR	76

1 Inledning

Trafikolyckor är en mänsklig tragedi och representerar stora samhällsekonomiska förluster. I en ny studie uppskattas de årliga förlusterna i Sverige till 1.7% av BNP¹. Liknande storleksordningar kommer man till i andra europeiska studier. Att reducera antalet trafikolyckor och dess konsekvenser är alldeles uppenbart nödvändigt.

Dessvärre är det lätt att ledas fel, kanske på grund av storleken på problemet, när effektiva trafiksäkerhetsåtgärder ska designas och väljas – *'allt som minskar antalet olyckor är bra'* kanske man något hårddraget kan karaktärisera många förslag. Denna PM koncentrerar sig bara på problemen att välja effektiva ekonomiska styrmedel.

Baserat på de gigantiska årliga kostnaderna för trafikolyckorna har många studier kommit fram till att den avgiftsrelevanta kostnaden (som här också kallas extern marginalkostnad vilken t.ex. kan ligga till grund för en kilometerskatt) också måste vara hög. Till exempel har Internationella järnvägsunionen (UIC (2000)) i en stor studie antagit att den avgiftsrelevanta kostnaden helt enkelt består av den totala kostnaden delat med trafikarbetet (i stort sett).

Att en avgift baserad på dessa principer inte leder till en samhällsekonomisk effektiv trafiksäkerhetspolicy uppmärksammades bland annat i PETS (Pricing European Transport Systems²) där en mer renodlad teoretisk ansats till de avgiftsrelevanta olyckskostnaderna utvecklades. Den ansatsen har sedermera vidareutvecklats (t.ex. Lindberg (2001)). De nyare teorierna medför ibland, beroende på uppskattningen av vissa parametervärden, att den avgiftsrelevanta olyckskostnaden sjunkit jämfört med tidigare principer. I avsnitt 2 gör vi en genomgång av denna nyare teori.

Utveckling leder oss fram till två ytterligare frågor; kanske är det så att det finns viktigare trafiksäkerhetsområden som kräver en genomlysning än den externa marginalkostnaden och kanske kan det vara så att vi missar något i våra skattningar.

Vi konstaterar i denna PM att det är lika viktigt att korrigera för den sk. externaliteten i trafiksäkerhetsbeteendet (t.ex. hastighetsvalet) som det är att korrigera i resbeslutet (vilket blir följden av en kilometeravgift). En preliminär slutsats kan vara *'att det inte gör så mycket att bilisten kör långt bara hon kör trafiksäkert'*. De höga avgifter som impliceras av gamla principer innebär att lösningen var *'att minska antalet bilresor men strunta i hur bilisten kör under de*

¹ Nääs, O. och G. Lindberg 'The pilot accounts of UNITE – The pilot accounts of Sweden – Appendix report', VTI, 2002-08-01.

² Jansson, J.O., och Lindberg, G (1997).

resor hon ändå genomför'. Vi gör i avsnitt 3 en ganska lång genomgång av externaliteter i hastighetsvalen och olika statliga interventioner för att korrigera detta.

Vi har helt lämnat diskussionen om fordonsutformning i denna PM. I princip kan designen av effektiva regleringar följa principerna som redovisas för hastighetsvalet. Det bör t.ex. innebära att den statliga fordonsinterventionen helt borde fokuseras på externaliteten. Trafiksäkerhetsregleringen borde alltså i huvudsak behandla hur trafikanter *utanför* bilen klarar en krock. Vid krocktester borde utfallet för en bil både mätas i hur väl trafikanten i bilen klarar sig och hur trafikanter utanför bilen klarar sig. Den första informationen som konsumentupplysning och den andra som underlag för statliga interventioner.

Diskussionen ovan pekar på två viktiga förutsättningar i vårt angreppssätt på problemet. Vi har antagit att bilisterna är väl informerade om sin egen olycksrisk och att de handlar med enbart privatekonomiska motiv i bakhuvudet. Dessa antaganden kan naturligtvis ifrågasättas och ansatsen kan utvecklas runt dessa frågor. Samtidigt menar vi att det är väsentligt att ha en renodlad ingång till problemkomplexet som en grund för diskussioner kring bland annat dessa frågor.

I avsnitt 4 återvänder vi till den avgiftsrelevanta kostnaden relaterade till resbeslutet och diskuterar vad olika lösningar på externaliteten i beteendet har för effekt på den externa marginalkostnaden som vi lärt känna.

Det finns en misstanke om att de svaga samband som finns mellan trafikökningar och olyckor beror på att trafikanterna kompenserar för sin förväntade riskökning med att undvika risker. Det innebär att de tar på sig en kostnad som vi inte ser när vi söker uppskatta faktiska riskförändringar. I vissa fall fångas denna kostnad via kostnaderna relaterade till trängsel. Men i andra fall missar vi dem säkert. Vi ger i avsnitt 5 en kort presentation av hur kostnaderna för att undvika risk kan behandlas.

Avsnitt 6 drar ett antal slutsatser från diskussionerna. Vi har inte inkluderat någon sammanfattning eftersom denna PM ingår som ett underlag till ett större arbete av SIKA där summeringar står att läsa.

Vi har också i huvudsak lämnat diskussionen om olycksvärderingar i denna PM. Det finns mycket att säga om dessa och lite av detta har sammanfattats i en kort slutlig bilaga.

2 Externa marginalkostnader av trafikolyckor

Vi inleder i avsnitt 2.1 med ett försök till en pedagogisk genomgång innan vi presenterar teorin (2.2) och reser lite av den kritik vi kan finna (2.3).

2.1 Ett försök till pedagogisk genomgång

Antag att en bilförare är i) medveten om den risk som är förknippad med hans resbeslut och ii) att han bär alla kostnader till följd av en olycka. I så fall vore han medveten om den förväntade olyckskostnaden som följer av hans beslut. När han väger in denna kostnad i sitt privata beslutsunderlag tillsammans med fordonskostnader och tidskostnader (samt eventuella miljöavgifter och trängselavgifter) tar han sitt resbeslut med beaktande av de samhällsekonomiska kostnaderna. Trafikantens decentraliserade resbeslut leder till en samhällsekonomiskt riktig avvägning, både vad gäller antalet resor och beteendet under dessa resor.

Om trafikanten inte bär alla olyckskostnader kommer en externalitet att uppkomma. Det privata beslutet baseras inte längre på informationen om alla konsekvenser som beslutet ger upphov till. Med en avgift som trafikanten betalar för resan kan vi säkerställa att den fullständiga informationen ges till trafikanten vid resbeslutet.

Vi antar att avgiften ska betalas *ex ante*, dvs. före resan startar och innan olyckan inträffar. Denna avgift ska baseras på den förväntade olyckskostnad som trafikanten inte redan bär och som uppkommer som en följd av hans resbeslut. Denna avgift, baserad på de externa marginalkostnaderna, kommer att bero på två huvudsakliga delar; i) den olyckskostnad trafikanten inte redan bär och ii) hur denna kostnad påverkas av hans resbeslut. Denna avgift kommer enbart att direkt påverka resbeslutet och inte valet av teknologi eller beteendet under denna resa. Hur trafiksäkerhetsbeteendet kan påverkas diskuteras i avsnitt 3.

2.1.1 Karaktäristika

Den externa marginalkostnaden har två distinkta karaktäristika; dels måste den totala olyckskostnaden delas upp i externa och interna kostnader och dels finns det i marginalkostnaden en trängselliknande effekt. Om den totala olyckskostnaden under ett år delas med den totala trafikvolymen erhåller vi den genomsnittliga olyckskostnaden per fordonskilometer. Ibland har detta bedömts vara den olyckskostnad som ska avgiftsbeläggas för trafikanterna. För att denna enkla genomsnittskostnad ska motsvara den externa marginalkostnaden måste två förutsättningar vara uppfyllda, i) alla olyckskostnader är externa och ii) olycksriskerna är konstant. Ingen av dessa två förutsättningar tycks vara uppfyllda efter noggrannare empiriska studier, trafikanten bär inte alla kostnader själv och risken är inte konstant.

2.1.2 Intern och extern

Problemet med uppdelningen i interna och externa kostnader kan brytas upp i två delar; i) tar trafikanten sin egen risk i beaktande och ii) tar han den risk han utsätter andra för i beaktande? De enkla antaganden vi bygger vår teori på är att svaret är *ja* på första frågan och *nej* på den andra.

När den s.k. riskvärderingen ska skattas frågar vi vanligen trafikanterna om deras avvägning mellan ändrad olycksrisk och betalning i pengar. Vi ger dem information om en hypotetisk liten riskförändring och frågar dem om vad de vore beredda att betala för denna. Svaren används för att härleda en riskvärdering. Om de förstår sin egen risk relaterad till sitt beslut så är riskvärderingen intern. Det verkar då tveksamt att först ställa dem inför en komplicerad värderingsfråga i relation till riskförändringar och i nästa steg avkräva dem en avgift för att korrigera för att vi tror att de inte förstår denna riskförändring vid sitt resbeslut. Detta är mer en subjektiv uppfattning än empiriskt grundad kunskap.

Om de inte förstår sin risk som följer av deras beslut har vi ett rent informationsmisslyckande. Det har ofta visats att trafikanten överskattar små risker och underskattar stora risker. Det medför att de underskattar riskförändringar³. Exakt hur de uppfattar den marginella riskförändringen är dock inte klart. Vi har fortsättningsvis antagit att de uppfattar riskförändringen.

Baserat på dessa antaganden och en detaljerad empiri om vilka som är inblandade i olyckor och på vilken part skadorna faller kan vi beräkna fördelningen i interna och externa kostnader för olika grupper av trafikanter. Tabellen nedan visar andelen externa olyckskostnader för några trafikantgrupper 1998. Som vi kan förvänta oss stiger andelen extern kostnad när storleken på fordonen ökar. Vidare är andelen extern kostnad större i tätorter med sin större andel oskyddade trafikanter än på landsbygd.

Tabell 121: Andelen extern olyckskostnad för några trafikantkategorier 1998.

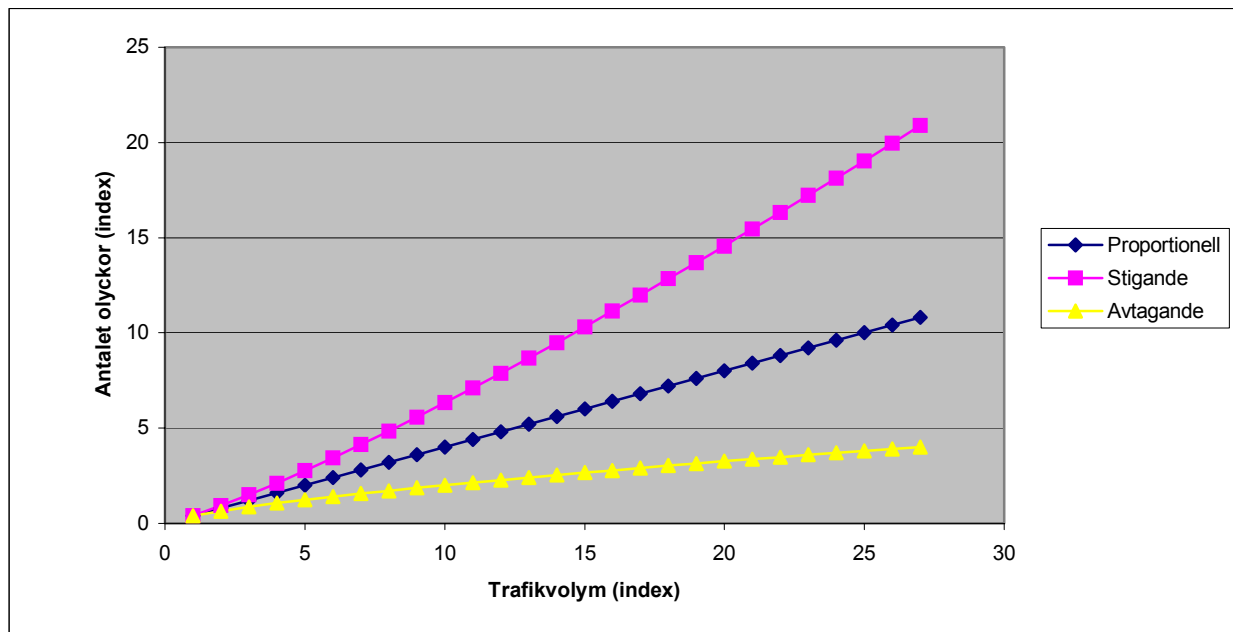
	Landsbygd	Tätort
Oskyddade	15 %	17 %
Motorcykel (inkl mopeder)	20 %	25 %
Personbilar	24 %	52 %
Bussar	59 %	73 %
Lätta lastbilar	53 %	73 %
Tunga lastbilar	87 %	95 %

Källa: Lindberg et.al. (2002).

³ Se Viscusi (1993)

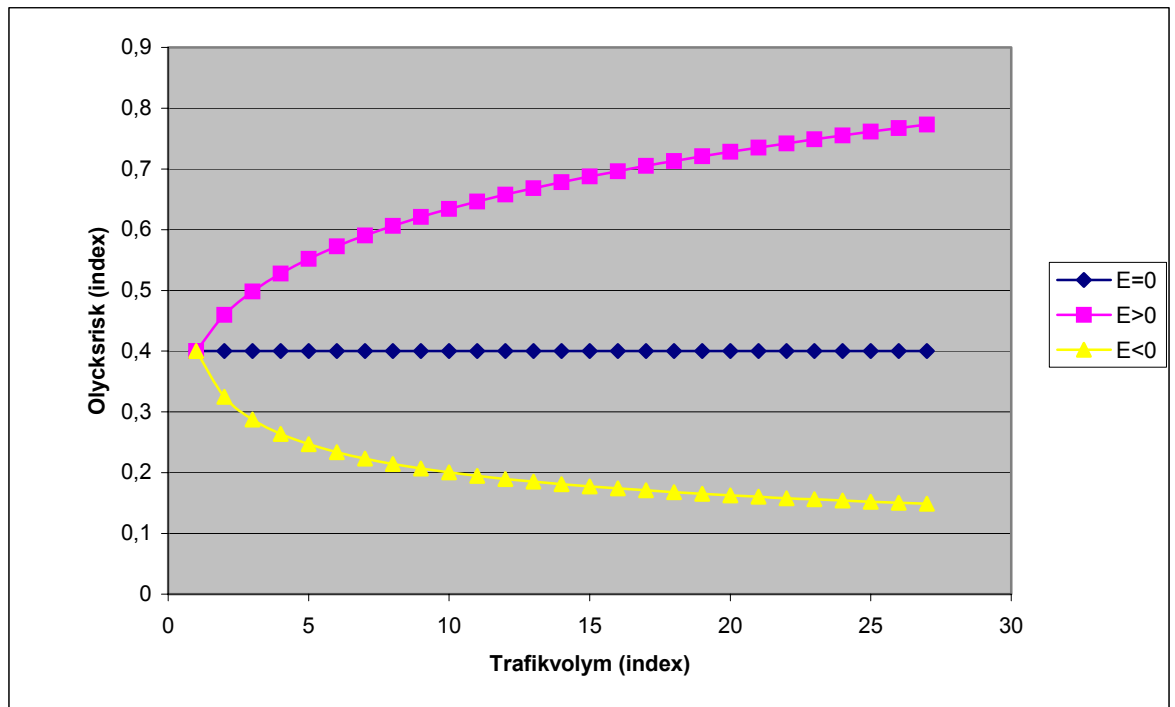
2.1.3 Trängseffekten

När trafikvolymerna på en väg ökar kommer hastigheterna att gå ned och den genomsnittliga restiden ökar. Men vad händer med olycksrisken? När antalet fordon på en väg ökar, ökar antalet möjliga interaktioner och antalet olyckor borde öka, vi har inte sett några bevis på det motsatta. Men hur antalet olyckor ökar är väsentligt, kommer antalet olyckor att stiga i proportion till trafikökningen, eller stiger de långsammare eller snabbare?



Figur 1: Principskiss: antal olyckor vid olika trafikvolym

Om antalet olyckor ökar i proportion till trafikvolymen kommer risken, dvs. antalet olyckor per fordonskilometer, att vara konstant (se figur 2 nedan). Ett uttryck vi har kallat riskelasticiteten (E), den procentuella förändringen i risk när trafikvolymen ökar med en procent, kommer att få värdet noll. Om antalet olyckor ökar långsammare än trafikvolymen kommer risken att minska och elasticiteten kommer att bli negativ. Det betyder att ytterligare en trafikant kommer att minska olycksrisken för alla andra trafikanter. Vi kan tänka oss en situation med gångtrafikanter som korsar en gata; när ytterligare en gångtrafikanter tillkommer minskar risken för var och en av dem att bli den som träffas av en bil. Slutligen, om antalet olyckor ökar fortare än trafikflödet kommer risken att öka. Ytterligare en bil kommer att medföra ett ökat hot för alla fordon och den externa effekten kommer att vara större, elasticiteten är positiv.



Figur 2: Principskiss: olycksrisken när antalet fordon ökar.

2.2 Teorin

I det följande ger vi en mer teoretisk beskrivning. Denna beskrivning tar sin utgångspunkt i totalkostnader, men samma resultat kan visas om vi utgår från individuella nyttofunktioner.

Den totala årliga olyckskostnaden där fordon av typen j har varit inblandade kan skrivas som ekvation (1) där A är antalet olyckor och $(a+b+c)$ olyckans kostnadskomponenter. Med inblandad menar vi, för flerfordonsolyckor, att fordonstypen är en av parterna i olyckan och tar inte hänsyn till vem som skadats eller vems fel det var. Vi kan översiktligt definiera a som 'riskvärderingen', b som riskvärderingen uttryckt av släktingar och vänner och c som övriga samhällets materiella olyckskostnader, i huvudsak kostnader för sjukvård och produktionsbortfall (i ett svenskt välfärdssystem)⁴. Marginalkostnaden med avseende på trafikvolym (Q) för ett fordon av typen j kan då skrivas som ekvation (2). Slutligen beskriver vi den externa marginalkostnaden som ekvation (3), där PMC är den privata marginalkostnaden som redan är internaliserad.

$$TC_j = A_j(a + b + c) \quad (1)$$

$$MC_j = \frac{\partial A_j}{\partial Q_j} (a + b + c) \quad (2)$$

$$MC_j^e = MC - PMC_j \quad (3)$$

⁴ Se vidare bilaga 1.

Vi antar att trafikanten uppfattar den genomsnittliga olyckskostnaden för användare av fordonstypen j som den privata marginalkostnaden. Vi introducerar risken (r) för kategori j att bli inblandad i en flerfordonsolycka som (4) och uttrycker andelen olyckskostnad per olycka som bärs av kategori j som θ . Risken kan påverkas av trafikvolymen av kategori j vilket uttrycks som en elasticitet (E), ekvation (5).

$$r = \frac{X}{Q} \quad (4)$$

$$E = \frac{\partial r}{\partial Q} \frac{Q}{r} \quad (5)$$

Vi kan då skriva marginalkostnaden (MC_j) respektive den privata marginalkostnaden (PMC_j) som:

$$MC_j = r(1 + E)(a + b + c) \quad (2')$$

$$PMC_j = r\theta(a + b) \quad (6)$$

Slutligen kan vi sammanfatta den externa olyckskostnaden i följande uttryck;

$$MC_j^e = r(a + b + c)[(1 - \theta) + E] + \theta rc \quad (7)$$

Vi förväntar oss att marginalkostnaden ska vara hög om;

- Olycksrisken r är hög
- Kostnaden per olycka är hög ($a+b+c$);
- Större delen av kostnaden faller på andra grupper ($\theta \approx 0$);
- Risken ökar med fler fordon av typen j ($E > 0$);
- Eller en stor del av olyckskostnaden betalas av ett generellt välfärdssystem (c)

Slutsatserna verkar intuitivt riktiga. Emellertid ser vi att modellen inte är bunden till att ge ett positivt resultat. För vissa kategorier, särskilt om de bär en stor del av olyckskostnaden ($\theta \approx 1$) och risken sjunker kraftigt med fler fordon ($E \ll 0$), kommer 'kostnaden' att bli positiv, vi kommer att få en ge subvention. Fler gångtrafikanter på en gata med mixad bil/gångtrafik kommer antagligen att minska risken för de gående. Alla befintliga gångtrafikanter skulle vinna på om en till började gå – de befintliga gångtrafikanterna borde betala folk för att gå.

2.3 Kritik

Resultaten av en avgift motsvarande den externa marginalkostnaden presenterad i detta avsnitt är en optimal trafikvolym men den kan mycket väl utföras under ett icke optimalt beteende. Vilka externaliteter som finns i valet av beteende liksom hur vi kan säkerställa ett optimalt beteende diskuteras i avsnitt (3).

Vi har heller inte infört någon fördelning av ansvaret för olyckan. Vi återkommer till det i avsnitt 4 och visar hur ansvarsfördelningen påverkar marginalkostnaden.

Det mesta av den empiri vi kan finna tycks stödja antagandet att risken sjunker med ökat trafikflöde ($E < 0$). Den följande reduktionen i olycksrisk är i vissa fall så stor att den motverkar kostnaden som uppkommer på andra kategorier. Detta visar på ett av bekymren med den här redovisade teorin – kostnaden för att undvika risken är inte med. Vi studerar det vidare i avsnitt 5.

3 Körbeteende, individuell rationalitet och samhällsekonomisk effektivitet⁵

En bilförare kan påverka trafiksäkerheten på tre sätt, i) genom att förändra antalet och längden på sina resor, ii) genom att minska sannolikheten för en olycka givet resan eller iii) lindra konsekvensen av olyckan. Diskussionen om den externa marginalkostnaden i föregående avsnitt har endast handlat om det första av dessa alternativ. I det följande ska vi titta på framförallt det andra sättet bilföraren kan påverka trafiksäkerheten.

För att introducera notationen börjar vi med att titta på den årliga förväntade nyttan för en bilförare och antar att det finns bara två olika aktiviteter som ska väljas; körsträckan (Q) och trafiksäkerhetsbeteendet (s). Trafiksäkerhetsbeteendet påverkar den årliga sannolikheten $p(s)$ för en olycka med förlusten a . Sannolikheten minskar ju mer trafiksäkerhetsbeteende trafikanten 'producerar' ($dp/ds < 0$). Liksom tidigare påverkas sannolikheten för en olycka under året också av hur mycket man kör (Q). Olyckssannolikheten för att förare nummer 1 ska skadas i en olycka är en funktion (här skrivet som en summa) både av trafikantens eget beteende och resor och alla andras beteende och resor ($\sum_{i=2}^N p_1(s_1, s_i, Q_1, Q_i)$).

Trafiksäkerhetsbeteendet är förknippat med en kostnad per resa $g(s)$ som vid hastighetsbeslut består av i huvudsak restid. Vi har här skrivet kostnaden $g(s)$ separat från nyttofunktionen U vilket innebär att $g(s)$ ska ses som korrigerad med den förväntade marginalnyttan av inkomst. Med den initiala välfärden W , som vi här låter vara beroende av resan så att $dW/dQ > 0$, kan vi skriva den förväntade nyttan för förare #1 i en trafikmiljö med N andra trafikanter som:

$$EU_1 = \sum_{i=2}^N p_1(s_1, s_i, Q_1, Q_i) U_1[W_1(Q_1) - a_1] + \left(1 - \sum_{i=2}^N p_1(s_1, s_i, Q_1, Q_i)\right) U_1[W_1(Q_1)] - Q_1 g_1(s_1) \quad (8)$$

Vi börjar med att visa sambandet med den externa marginalkostnaden i förhållande till trafikvolymen som presenterades i avsnitt 2. Den rationella föraren maximerar sin förväntade årliga nytta i förhållande till sitt resbeslut (Q). Första ordningens villkor blir då;

$$\underbrace{\frac{\partial \sum_{i=2}^N p_1(s_1, s_i, Q_1, Q_i)}{\partial Q_1} [U_1(W_1 - a_1) - U_1(W_1)]}_{\text{\#1s egen värdering av riskförändringen}} = \underbrace{\frac{\partial U_1}{\partial Q_1}}_{\text{marginalnyttan av resan}} - \underbrace{g_1(s_1)}_{\text{resans kostnad}} \quad (9)$$

Detta säger att den förväntade förändringen i förare #1s välfärd förlust på grund av en olycka (första termen) skall motsvara hans förväntade välfärdsökning som

⁵ Detta avsnitt bygger på Lindberg (2000) och Boyer and Dionne (1987).

följer av att resan genomförs minus reskostnaden. Men i ett samhällsekonomiskt perspektiv är inte detta ett optimalt beslut. Istället borde avvägningen ha gällt följande samband;

$$\frac{\partial \sum_{i=2}^N p_i(s_1, s_i, Q_1, Q_i)}{\partial Q_1} [U_1(W_1 - a_1) - U_1(W_1)] + \underbrace{\sum_{i=2}^N \frac{\partial p_i(s_1, s_i, Q_1, Q_i)}{\partial Q_1} [U_i(W_i - a_i) - U_i(W_i)]}_{\text{inflansen på andra trafikanter}} = \frac{\partial U_1}{\partial Q_1} - g_1(s_1) \quad (10)$$

Skillnaden är att i det samhällsekonomiska perspektivet ska förare #1s och alla andras förändrade olyckskostnad vägas mot den privata nettonyttan av resan. Den externa marginalkostnad vi diskuterat i avsnitt 2 ovan är just denna andra term.

Den årliga sannolikheten för att andra skadas av bilist #1 kan vi skriva som produkten av bilist #1s totala olycksrisk (r), hans trafikarbete under året (Q) och andelen av olyckskostnaden som faller på andra trafikanter ($1-\theta$). Förändringen i årlig sannolikhet kan utvecklas som ekvation 11 nedan. Vi tänker oss här att bilisten måste vara inblandad i olyckan för att det ska finnas ett samband men det är ju inte självklart, t.ex. kan fler långsamgående fordon öka antalet omkörningar som ökar antalet kollisioner – utan att det långsamgående fordonet är inblandad i olyckan.

$$\frac{\sum_{i=2}^N \partial p_i(s_1, s_i, Q_1, Q_i)}{\partial Q_1} = \frac{\partial(Q_1 r_1 (1-\theta))}{\partial Q_1} = r(1-\theta + \tilde{E}) \quad (11)$$

där $\tilde{E} = (1-\theta)E$ med E definierat enligt avsnitt 2 (ekvation 6). I avsnitt 2 har vi antagit att bilist #1 enbart internaliserar sin egen genomsnittskostnad. Det uppkommer då en externalitet i förhållande till hans egen riskförändring som motsvarar en fraktion av elasticiteten (θE). Läger vi till denna form av externalitet i den andra termen i ekvation 10 kan vi skriva den externa marginalkostnaden som (12) nedan vilket är identiskt med ekvation 7 i avsnitt 2. Vi har då bortsett från de systemexterna kostnaderna c som inte ingår på ett enkelt sätt i denna formulering av problemet.

$$MC^{extern} = r(1-\theta + E)[U_i(W_i - a_i) - U_i(W_i)] \quad (12)$$

I fortsättningen kommer vi att nyttja denna analysapparat för att diskutera externaliteter i individernas trafiksäkerhetsbeteende (3.1), vilka statliga interventioner som kan tänkas och hur de bör utformas (3.2). Slutligen inför vi försäkringar (3.3) innan vi sammanfattar i avsnitt 3.4. I texten lyfts ett antal illustrativa beräkningsexempel in.

3.1 Hastighetsval i en värld utan försäkringar eller statliga interventioner

Låt oss då titta på besluten under en given resa. Resan kan, om vi vill, antas vara en kilometer lång vilket innebär att kostnaderna och sannolikheterna vi diskuterar avser olycksrisker per kilometer respektive kostnader per kilometer. Den förväntade kostnaden per kilometer består av sannolikheten för en olycka och korresponderande välfärd vid en olycka (W -a) samt välfärden (W) om olyckan inte inträffar minus kostnaden för trafiksäkerhetsbeteendet (g). Vi har alltså helt enkelt bortsett från Q i ekvation 8 ovan. Liksom tidigare innebär skrivsättet att g ska ses som korrigerad med den förväntade marginalnyttan av inkomst.

$$EU_1 = \sum_{i=2}^N p_i(s_1, s_i) U_1(W_1 - a_i) + \left(1 - \sum_{i=2}^N p_i(s_1, s_i)\right) U_1(W_1) - g_1(s_1) \quad (14)$$

Den rationella trafikanten maximerar sin förväntade nytta. Första ordningens villkor, som kommer att bestämma hans trafiksäkerhetsbeteende är;

$$\sum_{i=2}^N \frac{\partial p_i(s_1, s_i)}{\partial s_1} [U_1(W_1 - a_i) - U_1(W_1)] = \frac{\partial g_1(s_1)}{\partial s_1} \quad (15)$$

Den privata inbesparingen i olyckskostnad ska motsvara ökningen i kostnad, främst tidskostnad.

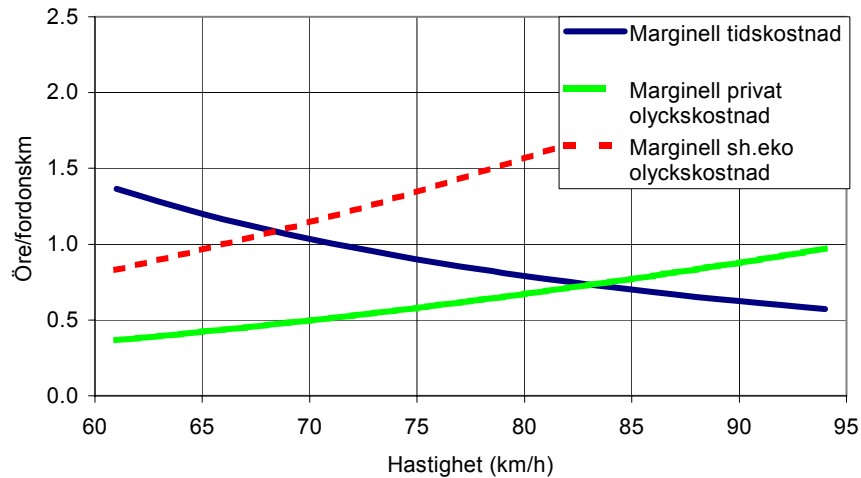
I en sk. Nash jämvikt med identiska individer kommer alla förare att välja samma hastighet s^* utan att ta hänsyn till hur deras val påverkar andra trafikanter. Men om förare #1 tog ett samhällsperspektiv på sitt beslut skulle han baserat sitt beteende på följande villkor;

$$\underbrace{\sum_{i=2}^N \frac{\partial p_i(s_1, s_i)}{\partial s_1} [U_1(W_1 - a_i) - U_1(W_1)]}_{\text{\#1s egen värdering av riskförändringen}} + \underbrace{\sum_{i=2}^N \frac{\partial p_i(s_i, s_1)}{\partial s_1} [U_i(W_i - a_i) - U_i(W_i)]}_{\text{inflenser på andra trafikanter}} = \underbrace{\frac{\partial g_1(s_1)}{\partial s_1}}_{\text{kostnaden för beteendet}} \quad (16)$$

Den andra termen beskriver externaliteten i individens trafiksäkerhetsbeteende, dvs. marginaleffekten på alla andras välfärd till följd av individ 1's beteende.

Studerar vi hastighetsvalet finner vi att föraren alltid (under vissa rimliga antaganden om funktionsform) kommer att välja en högre hastighet än den samhällsekonomiskt optimala eftersom han inte beaktar andras risk i sitt hastighetsval. Det finns då motiv för statlig intervention.

Optimal hastighet på 70-väg
privat respektive samhällsekonomisk avvägning



Figur 3: Konflikten mellan individ och samhälle. Med en enkel modell som väger den marginella tidsvinsten (blå linje) mot två olika typer av marginella olyckskostnader ser vi att individen kommer att finna det privatekonomiskt rationellt (grön linje) att köra drygt 10 km/h fortare än den samhällsekonomiskt optimala hastigheten (röd linje). I exemplet ovan har vi utgått från riskerna på en 70-väg på landsbygd. Den samhällsekonomiskt optimala hastigheten är ca 68 km/h medan den privatekonomiskt optimala är ca 83 km/h⁶.

3.2 Statliga interventioner

I vårt dagliga resande tar vi hastighetsgränser som så givna att vi inte funderar på varför de finns där. Men de kan alltså ses som en statlig intervention för att korrigerar för den externa effekten diskuterad ovan. Vi kan särskilja ett antal möjliga metoder för staten att intervensera; i) definiera rättigheter så att en marknad skapas, ii) införa avgifter eller subventioner, iii) införa direkt reglering i form av t.ex. hastighetsgränser kombinerat med sanktioner eller iv) olika typer av försäkringslösningar.

För trafiksäkerhetsproblemet inom vägtrafiken utesluter vi, om än inte självklart, den första metoden som handlar om att definiera rättigheterna och säkerställa transaktioner mellan köpare och säljare av trafiksäkerhet. Istället kommer vi att titta vidare på de tre följande metoderna och fokuserar på hastighetsvalet.

⁶ Vi har utgått från en olycksrisk på 0.48 olyckor/Mfkm. Detta har delats upp till 0.0036 dödsfall/Mfkm, 0.0565 Svårt skadade/Mfkm och 0.194 Lindrigt skadade/Mfkm. Den enskilda bilisten kommer att skadas med 50% chans. Olycksrisken antas öka med exponenten 4 för dödsfall, 3 för svårt skadade och 2 för lindrigt skadade vid en ökning i hastigheten (se Nilsson 1996). Olyckorna har värderats till 14.3 Mkr för dödsfall, 2.6 Mkr för svårt skadad och 0.15 Mkr för lindrigt skadade. Tidskostnaden har antagits vara 50 kr/timme.

3.2.1 Avgifter eller subventioner för trafiksäkert beteende

Hittills har införandet av avgifter eller subventioner förknippade direkt med trafiksäkerhetsbeteende varit en teoretisk konstruktion eftersom beteendet inte har kunnat observeras. Vi har en situation med asymmetrisk information, vare sig staten eller försäkringsbolag kan skaffa sig information om bilistens beteende; den besitter enbart bilisten. Ny teknik har nu gjort det möjligt att observera trafiksäkerhetsbeteenden på ett helt annat sätt än tidigare, tex. alkolås eller den typ av GPS baserade hastighetsavgifter som testas av VTI i det sk. IeSA försöket.

Vi kan alltså diskutera externalitetskorrigerande avgifter eller subventioner som direkt korrigerar för felaktigheten i det privata hastighetsbeslutet. Ett sådant pris P skulle alltså vara beroende på hastighetens storlek och få följande form, där den högra alternativa formuleringen naturligtvis baseras på jämvikten I ekvation 16.

$$P_1(s) = \underbrace{\sum_{i=2}^N \frac{\partial p_i(s_i, s_1)}{\partial s_1} [U_i(W_i - a_i) - U_i(W_i)]}_{\text{inflenser på andra trafikanter}} = \underbrace{\frac{\partial g_1(s_1)}{\partial s_1}}_{\text{kostnaden för beteendet}} - \underbrace{\sum_{i=2}^N \frac{\partial p_1(s_1, s_i)}{\partial s_1} [U_1(W_1 - a_1) - U_1(W_1)]}_{\text{\#1s egen värdering av riskförändringen}} \quad (17)$$

I ett pågående försök, IeSA, testas VTI funktionen av hastighetsrelaterade ekonomiska incitament med frivilligt deltagande. I detta fall testas subventioner till ett antal bilister (95 st) där en fast bonus ges vilken reduceras beroende på antalet minuter som bilisten kör fortare än hastighetsgränsen. De ekonomiska incitamenten är alltså knutna till den reglerade hastighetsgränsen och verkar ner till hastighetsgränsen. Men vi ser att alla hastighetsbeslut som individen tar kommer att vara felaktiga, dvs. även under hastighetsgränsen, och systemet kan mycket väl tänkas tillämpas i hela hastighetsintervallet.

3.2.2 Reglering

Genom en direkt reglering av åtgärder som påverkar olyckssannolikheten (p) eller olyckskonsekvensen (a) kan samhället söka uppnå en högre säkerhet än den individuella jämvikten presenterad i Figur 3 och ekvation 15. Låt oss nöja oss med åtgärder som påverkar sannolikheten för en olycka.

Vi kan skriva olyckssannolikheten som en funktion både av trafikanternas eget beteende (s) och samhällets regleringar (h). Regleringar kommer med en kostnad, endera som en skatt för att finansiera åtgärden eller högre kostnad för att äga bilen (t.ex. besiktning) eller minskad bekvämlighet (t.ex. bälteskrav). Vi kan därför skriva kostnaden per resa som $g(s, h)$.

I valet mellan olika regleringar finner vi att staten bör införa reglering A om, och endast om, de två villkoren nedan är uppfyllda; I) att individernas förväntade nytta av regleringen är positiv (i detta fall utan någon viktning av olika individers välfärd) och II) att den är mer positiv för denna reglering än alla andra (H) regleringar. Av detta följer naturligtvis att det inte räcker med att regleringen minskar risken, det måste ske till en rimlig kostnad. *Vi ska alltså inte minimera risken, vi ska optimera risken, vilket borde vara ett självklart påstående.*

$$\left\{ \begin{array}{l}
 I) \quad \sum_{i=1}^N \left[\underbrace{\frac{\partial p_i(s_i, h_A)}{\partial h_A} [U_i(W_i - a_i) - U_i(W_i)]}_{\text{summan av individernas välfärdsökning}} - \underbrace{\frac{\partial g_i(s_i, h_A)}{\partial h_A}}_{\text{kostnaden för åtgärden}} \right] \geq 0 \\
 II) \quad \sum_{i=1}^N \left[\frac{\partial p_i(s_i, h_A)}{\partial h_A} [U_i(W_i - a_i) - U_i(W_i)] - \frac{\partial g_i(s_i, h_A)}{\partial h_A} \right] \\
 \quad \geq \sum_{i=1}^N \left[\frac{\partial p_i(s_i, h_B)}{\partial h_B} [U_i(W_i - a_i) - U_i(W_i)] - \frac{\partial g_i(s_i, h_B)}{\partial h_B} \right] \text{ där } B = 2, 3, \dots, H
 \end{array} \right. \quad (18)$$

En reglerings effekt på risken har både en *teknisk komponent* och en *beteendevetenskaplig komponent*. Det vi här menar med teknisk komponent handlar t.ex. om hastighetens inverkan på kroppen vid en olycka. Dessutom visade Peltzman (1975) att regleringar kan påverka trafikantens val av eget trafiksäkerhetsbeteende. Det innebär att beteendet (s) är en funktion av regleringen (h). Den rationella bilistens beslut som vi beskrev det i ekvation 15 ovan kommer nu istället att få följande form.

$$\sum_{i=2}^N \frac{\partial p_i(h, s_1(h), s_i(h))}{\partial s_1} [U_1(W_1 - a_1) - U_1(W_1)] = \frac{\partial g_1(s_1(h))}{\partial s_1} \quad (19)$$

Låt oss här tänka oss en trafiksäkerhetsåtgärd som inte påverkar individens kostnader, t.ex. mitträcken. Kostnadsfunktionen g är då densamma som i ekvation 15, den privata avvägningen. Men sannolikheten för att individen ska råka ut för en olycka har minskat, givet att han inte ändrar beteende. Under vissa (rimliga) antaganden om formen på riskfunktionen finner individen det privatekonomiskt lönsamt att kompensera denna 'statliga' säkerhetshöjning med att reducera sina privatekonomiska insatser för trafiksäkerheten. Han minskar sitt säkerhetsbeteende, t.ex. höjer hastigheten. *Det innebär att vi inte kan säga om risken ökar eller minskar till följd av regleringen även om den tekniska effekten är negativ* ($dp/dh < 0$, givet att s är konstant). *Så länge den externa effekten består kommer åtgärder som bara sänker risken inte att leda till en optimal trafiksäkerhet*. Låt oss därför titta på hur vi kan tvinga individen att följa regleringen, i detta fall hastighetsgränserna.

Genom att sätta hastighetsgränser (\bar{s}) signalerar staten den samhällsekonomiskt optimala hastigheten. Men vi har sett att bilister har privatekonomiska motiv att köra fortare. Man måste därför införa någon typ av sanktion som påverkar bilisten att sänka farten. Vi studerar tre fall. Det första (A) är avgifter relaterade till hastighetsgränserna och har berörts ovan och nämns bara kortfattat. I avvaktan på sådana system kan vi söka observera hastighetsbeteendet via stickprov och avgiftsbelägga upptäckter via hastighetsböter (B). Slutligen kan vi agera i slutet av kedjan, dvs. när en olycka har hänt utkräver vi olika ansvar beroende på beteendet strax före olyckan (C).

A. Avgifter för hastighetsöverträdelser

Den nya tekniken med GPS har gjort hastighetsinformationen symmetrisk. Både regulator och individ kan observera trafikantens hastighetsbeteende. Härigenom kan vi direkt avgiftsbelägga individen för den externa kostnad som uppkommer vid olika hastighetsbeslut vilket diskuterats ovan (avsnitt 3.2.1) i ett fall helt utan statliga hastighetsgränser.

B. Hastighetsbrott

Den enklaste formen av sanktion utgörs av hastighetsböter vid upptäckt. Storleken på den optimala boten beror på hastighetsexternaliteten, sannolikheten av att samhället upptäcker hastighetsbrottet samt förarens upplevda bötesstorlek och upptäcktssannolikhet.

Den upplevda boten ($F(s)$), vilken kan inbegripa en 'moralisk' kostnad (Jorgensen et al (1993)), och den upplevda sannolikheten för upptäckt (q) per resa kommer nu att ingå i förarens förväntade nytta (20). Liksom kostnaden g har vi skrivit den förväntade boten så att den ska ses som korrigerad för marginalnyttan av inkomst. Det antas här att botens storlek beror på storleken av hastighetsbrottet medan den upplevda sannolikheten att bli upptäckt är oberoende av hastigheten (så länge trafiksäkerhetsbeteendet är mindre än det reglerade, $s < \bar{s}$, dvs. hastigheten är högre än hastighetsgränsen).

$$EU_1 = \left. \begin{array}{l} \underbrace{\sum_{i=2}^N p_1(s_1, s_i) U_1(W_1 - a_1) + \left(1 - \sum_{i=2}^N p_1(s_1, s_i)\right) U_1(W_1) - g_1(s_1) - q_1 F(s_1)}_{\text{bilist som bryter mot lagen}} \quad \text{if } s_1 < \bar{s} \\ \underbrace{\sum_{i=2}^N p_1(s_1, s_i) U_1(W_1 - a_1) + \left(1 - \sum_{i=2}^N p_1(s_1, s_i)\right) U_1(W_1) - g_1(s_1)}_{\text{bilist som följer lagen}} \quad \text{if } s_1 \geq \bar{s} \end{array} \right\} \quad (20)$$

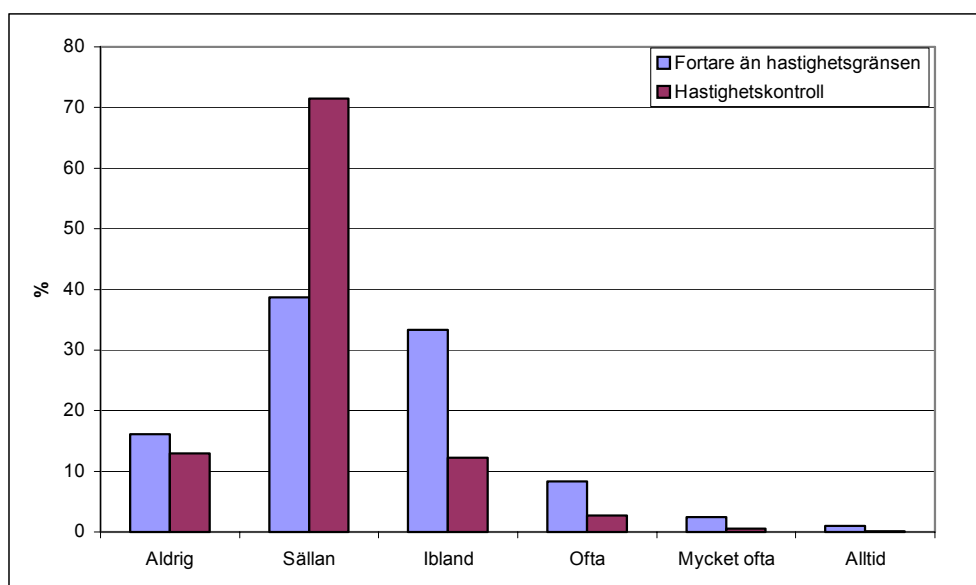
Den rationella bilisten tar då sitt beslut utifrån följande första ordningens villkor för hastighetsval;

$$\underbrace{\sum_{i=2}^N \frac{\partial p_1(s_1, s_i)}{\partial s_1} [U_1(W_1 - a_1) - U_1(W_1)]}_{\text{\#1s egen värdering av riskförändringen}} - \underbrace{q_1 \frac{dF}{ds}}_{\text{den förväntade böteskostnaden}} - \lambda_a = \underbrace{\frac{\partial g_1(s_1)}{\partial s_1}}_{\text{kostnaden för beteendet}} \quad \text{for } s_1 < \bar{s}$$

$$\sum_{i=2}^N \frac{\partial p_1(s_1, s_i)}{\partial s_1} [U_1(W_1 - a_1) - U_1(W_1)] - \lambda_b = \frac{\partial g_1(s_1)}{\partial s_1} \quad \text{for } s_1 \geq \bar{s} \quad (21)$$

Om den andra termen i den övre ekvationen, som beskriver den upplevda botens storlek och sannolikheten för att upptäckas, är tillräckligt stor kommer

marginalkostnaden av en hastighetsöverträdelse att motsvara den samhällsekonomiskt optimala nivån⁷.



Figur 4: Två frågor till trafikanter: 'Hur ofta överträder Du hastighetsgränserna på mindre landsvägar när trafikförhållandena medger att Du själv bestämmer hastigheterna?' och 'Hur troligt är det att Du vid en typisk biltur råkar ut för en hastighetskontroll? Resultat ur SARTRE-projektet⁸.

Vi vet att trafikanter bryter mot lagen. Figuren ovan visar några resultat från Sartre-projektet. Ungefär hälften av bilisterna uppger att de kör för fort 'ibland' eller ofta (upp till alltid) på landsvägar. Korrigeringen av externaliteten räcker för många inte till för att säkerställa en laglig hastighet, endera är boten för låg eller så är sannolikheten att bli upptäckt för låg. I Sartre-projektet har man även frågat om sannolikheten för upptäckt, ca 85% av trafikanterna upplever att de 'sällan' eller 'aldrig' råkar ut för en hastighetskontroll.

Årligen skrivs 140 000 böter ut i Sverige vilket innebär en upptäcktssannolikhet på $2.4 \cdot 10^{-6}$ per (samtliga) fordonskilometer⁹. Eftersom inte alla kör fortare än hastighetsgränsen, och de bara är fortkörarna som är relevanta, är risken för denna grupp naturligtvis högre. Säg att så mycket som hälften av körningarna sker över hastighetsgränsen vilket dubblar upptäcktssannolikheten ovan. På en 70-väg innebär det att marginalkostnaden just när bilisten väljer att bryta hastighetsgränsen är 0.40 öre/fkm¹⁰. Därefter ökar kostnaden vid högre hastighetsbrott som ses av tabellen nedan.

⁷ Lagrangemultiplikatorn λ är förknippad med gränsvillkoren att bryta hastighetsgränsen.

⁸ Källa: VTI rapport 446/446A 1999.

⁹ Enkelt räknat som antalet utskrivna böter delat med trafikvolymen 56 680 Mfkm under 1998.

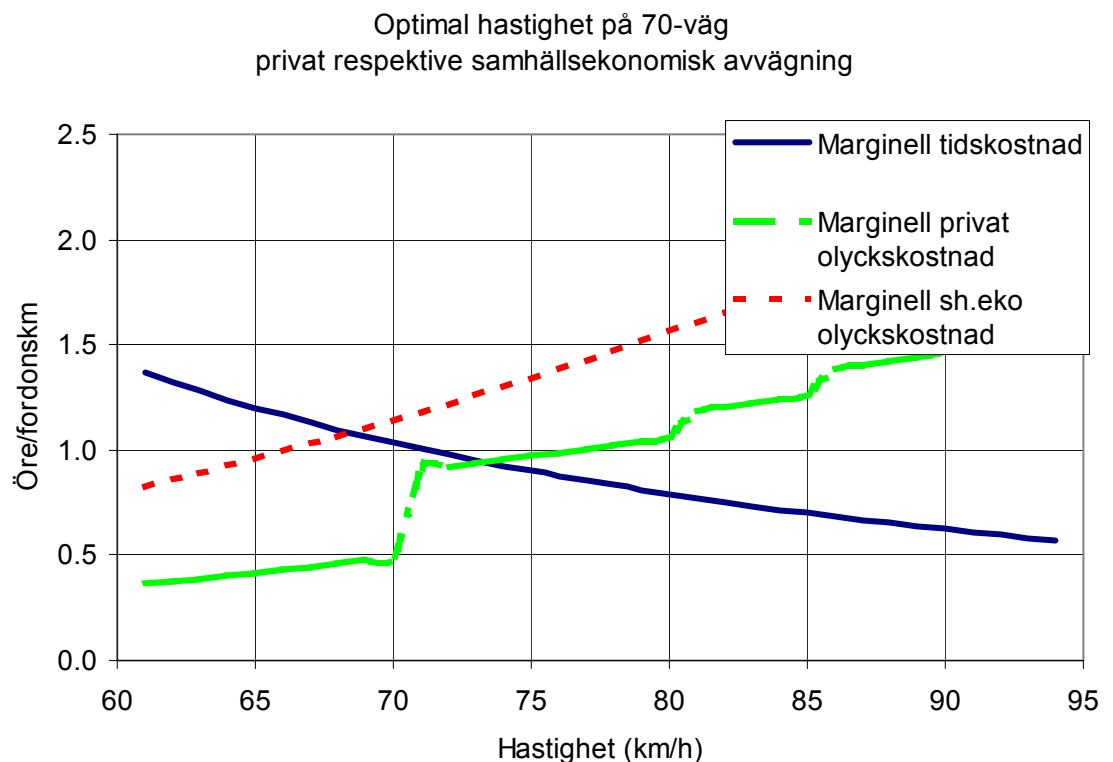
¹⁰ Vi antar han vet att boten blir 800 kr och att han gör samma bedömning av sannolikheten att bli upptäckt som vi gjort ovan.

Tabell 2: Svenska hastighetsböter

Hastighetsöverträdelse Hastighetsgräns ≤ 50 km/h	Böter (kr)	Hastighetsöverträdelse Hastighetsgräns ≥ 50 km/h	Böter (kr)
1-10 km/h	1000	1-10 km/h	800
11-15 km/h	1200	11-15 km/h	1000
16-20 km/h	1400	16-20 km/h	1200
21-25 km/h	1600	21-25 km/h	1400
26 – 30 km/h	1800	26 – 30 km/h	1600
31 – 40 km/h	2000	31 – 40 km/h	1800
41 – km/h	Åklagare	41 – 50 km/h	2000
		51 - km/h	Åklagare

Källa: Vi Bilägare 7:2001

I figuren nedan har vi lagt in kostnaden för den förväntade boten i den privata marginalkostnaden givet att upptäcktssannolikheten är ca $5 \cdot 10^{-6}$, dvs. vi har dubblerat den enkla sannolikheten. Den privatekonomiskt optimala hastigheten sjunker ned mot ca 74 km/h. Skulle vi istället nyttja den enkla upptäcktssannolikheten sjunker hastighetsöverträdelsen bara till strax under 80 km/h.



Figur 4: Effekten av hastighetsböter. Vi har infört den förväntade boten som baseras på en enkel dubblad genomsnittssannolikhet att bli upptäckt och ett bötesbelopp som börjar på 800 kr vid hastigheter över 70 km/h för att därefter stiga enligt tabellen ovan. Bilisten kommer nu att sänka sin hastighet till ungefär 74 km/h.

C. Ansvaret vid en olycka

Eftersom stickproven medför att sannolikheten blir låg att bilisten upptäcks kan man nyttja indirekta observationer. Om en förare i efterhand beslås med att ha brutit mot hastighetsgränsen när en olycka har inträffat betraktas han som vårdslös och kommer att få betala ersättning, bot eller straffas på annat sätt.

Vi särskiljer två huvudsystem för ansvaret, *culpa* respektive *strikt ansvar*. Vid culpa gäller att en trafikant bara blir ansvarig för olyckan om han har varit vårdslös. Vi tar hänsyn till medvållande, vilket innebär att bilist #1 slipper bära hela kostnaden om den andre trafikanten också varit vårdslös; i sådant fall fördelas kostnaderna mellan de båda. Vid strikt ansvar för en *trafikantgrupp* gäller att trafikanten alltid är ansvarig för olyckor med andra trafikantgrupper oberoende av hans eller motpartens beteende. Inom dessa huvudgrupper finns en mängd alternativa formuleringar (se Shavell 1987).

C.i. Culpa

Vi antar att samhället har fastställt den optimala hastigheten (\bar{s}) vilken bestämmer den minsta aktsamhetsnivå som samhället accepterar. Förare #1 kommer liksom tidigare att söka maximera sin förväntade nytta och vi antar att han gör det under tron att alla andra kör lagligt. Om han väljer en för låg aktsamhet (dvs. kör för fort) kommer han att bli ansvarig både för egna olyckskostnader (a) och för hela eller delar av motpartens kostnader (d). Om han visar tillbörlig aktsamhet, följer hastighetsgränsen eller kör långsammare, kommer han enbart att behöva bära sina egna olyckskostnader. Vi kan då skriva den förväntade nyttan som två olika fall där det övre avser 'lagbrytare' och det undre 'lagliga' trafikanter.

$$EU_1 = \left\{ \begin{array}{l} \underbrace{\sum_{i=2}^N p_i(s_1, \bar{s}_i) \mathcal{U}_1(W_1 - a_1 - d) + \left(1 - \sum_{i=2}^N p_i(s_1, \bar{s}_i)\right) \mathcal{U}_1(W_1) - g_1(s_1)}_{\text{bilist som bryter mot lagen}} \quad \text{om } s < \bar{s} \\ \underbrace{\sum_{i=2}^N p_i(s_1, \bar{s}_i) \mathcal{U}_1(W_1 - a_1) + \left(1 - \sum_{i=2}^N p_i(s_1, \bar{s}_i)\right) \mathcal{U}_1(W_1) - g_1(s_1)}_{\text{bilist som följer lagen}} \quad \text{om } s \geq \bar{s} \end{array} \right. \quad (23)$$

Genom att studera bilistens optimala val givet dessa två situationer finner vi två olika första ordningens villkor;

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\sum_{i=2}^N \partial p_1(s_1, \bar{s}_i)}{ds_1} [U_1(W_1 - a_1 - d) - U_1(W_1)] + \lambda_a = \frac{\partial g_1(s_1)}{\partial s_1} \quad \text{om } s < \bar{s} \\ \frac{\sum_{i=2}^N \partial p_1(s_1, \bar{s}_i)}{ds_1} [U_1(W_1 - a_1) - U_1(W_1)] + \lambda_b = \frac{\partial g_1(s_1)}{\partial s_1} \quad \text{om } s \geq \bar{s} \end{array} \right\} \quad (24)$$

För en bilist som betar sig lagligt blir hastighetsbeslutet detsamma som tidigare. Men vi har sett att den optimala privata hastigheten är över hastighetsgränsen. Det innebär att denna bilist bör kunna vinna på att öka hastigheten något, han kommer att sträva mot ett lagbrott. Men för den bilist som bryter mot hastighetsgränsen kommer de förväntade kostnaderna plötsligt att öka. Vi antar att ersättningen d sätts så att den helt kan kompensera de andra inblandade. Om marginalnyttan av pengar vore konstant skulle det innebära att individ #1 nu kommer att göra en avvägning som är samhällsekonomiskt riktig. Men om marginalnyttan av pengar är avtagande innebär det att när bilist #1 tvingas betala både sin egen olyckskostnad och ersättning d kommer han att 'överreagera' och väljer ett högre säkerhetsbeteende än det samhällsekonomiskt optimala. Men det innebär ju att han inte behöver betala boten och den rationella bilisten kommer då att välja att öka sin hastighet till precis samma nivå som hastighetsgränsen.

Samspelet mellan två bilister

Vi tänker oss ett fall med två parter där den ene blir skadad (A) och den andre parten klarar sig oskadd (B). Enligt villkoret för samhällsekonomiskt optimalt beteende (ekvation 16 ovan) borde både den skadelidande (A) och motparten (B) bära den förväntade förändringen i totala olyckskostnaden till följd av deras val av körbeteende. Vid avsaknad av ansvarsfördelning ser vi direkt att den *skadelidande* (A) troligen kommer att välja ett optimalt körbeteende; hans beteende kommer att påverka de totala samhällsekonomiska kostnaderna som han tvingas bära privatekonomiskt vid en olycka (vi bortser här från de systemexterna kostnaderna c). *Motparten* (B) däremot kommer inte att visa någon aktsamhet eftersom han inte behöver bära någon kostnad vid olyckan.

Om ersättningen (d) som B betalar till A motsvarar hela olyckskostnaden kommer motparten (B) att välja precis den lagliga nivån på aktsamheten (\bar{s}). Större aktsamhet medför att han tar på sig högre kostnader utan att göra några vinster medan en lägre aktsamhet innebär att han får bära hela kostnaden; då detta motsvarar den totala samhällsekonomiska kostnaden vet vi att det är optimalt att ta på sig ökad aktsamhet upp till den samhällsekonomiskt optimala nivån. När motparten (B) tar laglig aktsamhet kommer den skadelidande (A) alltid att få bära kostnaderna. Om den skadelidande uppfattar detta kommer han inte att förvänta sig att bli kompenserad och väljer den samhällsekonomiskt optimala nivån på aktsamheten (\bar{s}). *Alltså, om ersättningen d är total säkerställer vi ett lagligt beteende.*

Om ersättningen sätts lägre än olyckskostnaden kommer motparten (B) att välja en lägre nivå på aktsamhet än vad som är lagligt eftersom han vid en olycka endast kommer att behöva bära en del av olyckskostnaden. Eftersom motparten (B) bryter mot lagen kommer den skadelidande (A) att bli kompenserad för kostnaderna. Emellertid kommer inte ersättningen att täcka alla kostnader och han kommer att få bära en del av olyckskostnaderna själv. Det innebär att han på privatekonomiska grunder kommer att välja en aktsamhet som ligger under den samhällsekonomiskt optimala; hur långt under beror på skillnaden mellan ersättningen och olyckskostnaden. *Om ersättningen inte uppgår till olyckskostnaden kan vi alltså inte förvänta oss att någon trafikant ska följa lagen och bete sig samhällsekonomiskt optimalt.*

Domstolen måste definiera 'laglig aktsamhet' på ett samhällsekonomiskt optimalt sätt samt observera vilken faktisk aktsamhet som iaktogs vid olycka. För att förenkla görs detta i en eller några dimensioner. Den aktsamhet som motparten (B) väljer för att minimera sina kostnader kommer därför endast att gälla aktsamhet definierad av domstol. För den skadelidande (A) kommer däremot alla former av aktsamhet att vägas in.

C.ii Strikt ansvar

Vid ett *strikt ansvar* för motparten (B) måste han alltid, oberoende av beteende, ersätta olyckskostnaderna. Om ersättningen är total kommer motparten (B) att bära de totala samhällsekonomiska olyckskostnaderna och därmed göra en privatekonomisk avvägning som blir samhällsekonomiskt optimal (\bar{s}). Den skadelidande (A) visar ingen aktsamhet alls. Domstolen behöver enbart bedöma den faktiska kostnaden och inte vilket beteende som iakttagits.

Om ersättningen är lägre än kostnaderna kommer motparten (B) enbart att få bära en del av de totala samhällsekonomiska kostnaderna. Det kommer att vara privatekonomiskt optimalt att välja en lägre nivå på aktsamheten än den samhällsekonomiskt optimala. Den skadelidande (A) kommer att ha incitament att skydda sig men kommer inte att välja en så hög aktsamhet som motsvaras av den samhällsekonomiskt optimala nivån eftersom han blir kompenserad för delar av förlusterna.

Under det strikta ansvaret kan ingen storlek på ersättningen säkerställa ett optimalt beteende både hos motpart och skadelidande. Om ersättningen är total kommer den skadelidande att brista i aktsamhet medan en lägre ersättning medför att motparten kommer att visa för liten aktsamhet.

C.iii Böter

Låt oss slutligen introducera boten (M) som medför att motparten (B) bär de totala olyckskostnaderna vid en olycka. Denna bot läggs på motparten vid *strikt ansvar* och om han är vållande vid *culpa*.

Vid *culpa* kommer motparten (B) att välja laglig aktsamhet vilket innebär att den skadelidande kommer att tvingas bära olyckskostnaden. Han kommer därmed att välja optimal aktsamhet. Vid ett *strikt ansvar* kommer motparten att göra en

avvägning som är samhällsekonomiskt optimal eftersom han alltid får bära hela olyckskostnaden. Den skadelidande (A) kommer dock att välja en för låg nivå på aktsamheten eftersom han alltid blir kompenserad för en del av olyckskostnaderna. Emellertid, om ersättningen är noll och boten M sätts så högt att den motsvarar de totala olyckskostnaderna kommer vid *strikt ansvar* både motparten och den skadelidande att bete sig optimalt.

C.iv Slutord om ansvar

Två villkor krävs alltså för att säkerställa ett optimalt beteende; dels måste ersättningen d sättas så att det privata hastighetsvalet blir lägre eller lika med hastighetsgränsen och dels måste hastighetsgränsen vara samhällsekonomiskt optimal. Om ersättningen d sätts lika stor som de andra inblandades förluster kommer vi vid avtagande marginalnytta av pengar att tillgodose det första villkoret. Vi ser också att om bilisterna har olika kostnadsfunktioner kommer vi inte att kunna bestämma en optimal hastighetsnivå och regleringen blir ineffektiv. Ett annat problem uppkommer om transaktionskostnaderna för rättsystemet inte längre är försumbara. I praktiken har ju detta inneburit att bland andra Sverige valt ett försäkringssystem som minimerar de rättsliga processerna vid olycka.

Den ersättning vi talar om här handlar om drygt 14 miljoner vid ett dödsfall. Även om sannolikheten att orsaka någons död är liten kommer vissa trafikanter med riskaversion inte att våga ge sig ut i trafiken. Ett försäkringssystem som fördelar risken kommer då att ha en positiv välfärdseffekt.

3.3 Försäkringar

Vi diskuterar två typer av försäkringar, det ena är *no-fault*, liknande den svenska försäkringen, där bilisten får ersättning för egna olyckskostnader från den egna försäkringen. I vårt exempel tänker vi oss att försäkringen inte ersätter andra bilisters kostnader även om kostnadsfördelningar mellan försäkringsbolag förekommer i det svenska systemet. Den andra typen av försäkring är *ansvarsförsäkring* som täcker kostnader gentemot andra bilister vid olycka. Vi konstruerar den så att om ingen befins felande, betalas kostnaderna av den egna försäkringen medan om en felar täcker dennes försäkring samtliga kostnader.

Genom att betala en relativt liten avgift – premien – erhåller den försäkrade trafikanten ett löfte från försäkringsbolaget att täcka kostnaderna om han råkar ut för en olycka. En trafikant med riskaversion finner det attraktivt att undvika risken att få betala en stor olyckskostnad med låg sannolikhet och föredrar istället att betala en liten avgift med säkerhet; han försäkrar sig alltså. Försäkringsteorin (se Arrow (1970)) förutsäger att en försäkringstagare kommer att köpa försäkringar så att samtliga kostnader täcks givet att försäkringsmarknaden är konkurrensutsatt. Premien kommer att motsvara den förväntade olyckskostnaden (förlusten) om försäkringens säljare och köpare har perfekt information om den förväntade förlusten.

Om försäkringsbolaget inte har information om de enskilda trafikanternas beteenden kommer inte marknaden att fungera fullständigt. Trafikanten kommer

inte att bli belönad för åtgärder han vidtar för att reducera risken och han kommer inte heller att bli straffad om han tar större risker. Två huvudproblem uppstår; i) försäkringsbolaget kan inte perfekt klassificera försäkringstagarna och kommer möjligen att få en massa hög-risk trafikanter klassificerade som låg-risk trafikanter (*adverse selection*) och ii) ägandet av en försäkring kan reducera aktsamheten som trafikanten visar och ex ante klassificeringen kommer inte längre att avspegla den aktuella risken (*moralisk risk - moral hazard*). Den optimala ersättningen kommer att reduceras från full kostnadstäckning så att en balans skapas mellan att skapa incitament för aktsamhet och skyddet för den ökade riskexponeringen som trafikanterna tvingas ta pga. den reducerade ersättningen¹¹.

3.3.1 No-fault

Vi tittar på ett enkelt fall med symmetrisk information. Den förväntade nyttan hos bilist #1 kan skrivas som ekvation 25 nedan där π är premien för att erhålla ersättningen t . Oberoende av om en olycka inträffar eller inte kommer individen att få betala premien π . Vid en olycka tvingas han dessutom bära förlusten a men får en ersättning t som kompensation.

$$EU_1 = \sum_{i=2}^N p_i(s_1, s_i) U_1(W_1 - \pi - a_1 + t) + \left(1 - \sum_{i=2}^N p_i(s_1, s_i)\right) U_1(W_1 - \pi) - g_1(s_1) \quad (25)$$

Har vi en försäkringsmarknad i jämvikt utan vinster vet vi att premien kommer att motsvara den förväntade olyckskostnaden och bilisten med risk-aversion kommer att försäkra sig fullt, dvs. $a=t$. Genom detta kan vi konstatera att nyttan är oberoende av om han råkar ut för en olycka eller inte. Hastighetsvalet kommer då att baseras på följande första ordningens villkor;

$$\frac{\sum_{i=2}^N \partial p_i(s_1, s_i)}{ds_1} U_1' a = \frac{\partial g_1(s_1)}{\partial s_1} \quad (26)$$

där alltså $t=a$ och U' marginalnyttan av pengar. Det innebär naturligtvis som vi ser att hastighetsbeslutet inte väger in den olyckskostnad som uppkommer hos andra bilister. För att säkerställa att hastighetsvalet blir det rätta måste alltså premien t justeras t.ex. genom en skatt. Observera att premien är 'perfekt' i detta exempel; det innebär att den varierar med bilist #1s faktiska trafiksäkerhetsbeteende.

3.3.2 Ansvarsförsäkring

Vi antar liksom ovan en perfekt försäkringsmarknad och bilister med risk-aversion. Bilisterna kommer då att välja försäkring med full täckning. Som följer av diskussionen om ansvaret ovan (avsnitt 3.2.2.c) kan vi konstatera att om

¹¹ Detta problem har genererat en komplex premiestruktur som inkluderar ex post avgifter i form av Bonus/Malus system för att kompensera för avsaknandet av ex ante information. Trots detta förekommer betydande riskdelning och troligen också moral hazard problem (se Boyer, Dionne (1986) och Pauly (1974)).

bilisten brutit mot hastighetsreglerna vid olyckstillfället kommer bilisten att få betala samtliga olyckskostnader medan han vid lagligt beteende enbart behöver betala sin egen olyckskostnad. Premierna blir då för gruppen lagbrytare respektive lagliga bilister:

$$\left. \begin{array}{l} \underbrace{t = (a + d) \Rightarrow \pi = p(a + d)}_{\text{bilist som bryter mot lagen}} \quad \text{om } s < \bar{s} \\ \underbrace{t = a \Rightarrow \pi = pa}_{\text{bilist som följer lagen}} \quad \text{om } s \geq \bar{s} \end{array} \right\} \quad (27)$$

Den förväntade nyttan blir;

$$EU_1 = \left. \begin{array}{l} \underbrace{U_1(W_1 - p(a_1 - d)) - g_1(s_1)}_{\text{bilist som bryter mot lagen}} \quad \text{om } s < \bar{s} \\ \underbrace{U_1(W_1 - pa_1) - g_1(s_1)}_{\text{bilist som följer lagen}} \quad \text{om } s \geq \bar{s} \end{array} \right\} \quad (28)$$

Hastighetsvalet följer av detta på liknande sätt som vid ansvar utan försäkringar. En bilist som följer lagen tar inte hänsyn till andras kostnader utan kommer i det exempel vi gav i figur 3 att sträva mot en för hög hastighet. Men det innebär å andra sidan att han betraktas som en lagbrytare och vid symmetrisk information kommer hans premie att stiga. På grund av den avtagande marginalnyttan kommer han då att 'överreagera' jämfört med det samhällsekonomiskt optimala och väljer i teorin en för låg hastighet. Naturligtvis kommer han inte att välja denna nivå utan lägger sig precis på hastighetsgränsen. *Om hastighetsgränsen är samhällsekonomiskt optimal kommer en ansvarsförsäkring att leda till ett samhällsekonomiskt riktigt beteende om ersättningen är total och informationen symmetrisk.*

Samspelet mellan bilister

Vi tittar lite kortfattat på vad försäkringen ovan innebär för samspelet mellan två bilister. Under *culpa* kommer en laglig motpart (B) att undvika ansvaret. Den skadelidande (A) kommer då att bära alla kostnader. Han kommer emellertid att försäkra sig mot förlusterna och betalar en premie som motsvarar de förväntade kostnaderna. Motparten (B) kommer inte frivilligt att köpa någon försäkring som skyddar honom vid oaktsamhet. En sådan försäkring skulle motsvara den förväntade olyckskostnaden, men eftersom den förväntade förlusten ökar när aktsamheten sjunker kommer den extra premien att vara högre än de inbesparade kostnaderna för aktsamhet. Under *strikt ansvar* kommer den skadelidande (A) att vara skyddad från förluster. Motparten (B) kommer, om han har risk-aversion, att skaffa sig en försäkring.

Asymmetrisk information

Grunden för detta positiva resultat är att försäkringsbolaget antas kunna observera trafikantens beteende och variera premien efter den förväntade riskförändringen. I avvaktan på den fungerande teknologin kommer vi att ha asymmetrisk information; bilisten vet sitt hastighetsval men inte försäkringsbolaget.

I kort sammanfattning kan man konstatera att om vi har moralisk risk går no-fault systemet inte längre att korrigera för att säkerställa optimalt beteende. Om inte försäkringsbolaget kan observera beteendet kan inte heller staten göra det och staten kan därmed inte heller korrigera premien.

Vid en ansvarsförsäkring blir problemet mer komplicerat (se Boyer and Dionne (1985)). Ett optimalt beteende kan säkerställas, men man kommer inte att erbjuda full försäkring vid vållande. Naturligtvis förutsätter detta att den reglerade nivån på beteendet är optimalt.

3.4 Svensk försäkring

I Sverige erhåller den skadade ersättning från den obligatoriska trafikförsäkringen; ersättningen kallas därför inte skadestånd utan trafikskadeersättning. Nivån bestäms däremot i skadeståndslagen (5 kap. SkL). Ersättningen betalas ut av det egna försäkringsbolaget, men den slutliga fördelningen av kostnaderna mellan försäkringsbolagen beror på de olika förarnas vållande (22§TSL).

Ersättningen ger kompensation för kostnader som uppkommit såsom sjukvårdskostnader, resekostnader och hemhjälpkostnader samt ersättning för inkomstförluster inklusive en värdering av hushållsarbete. Vid dödsfall erhåller de efterlevande underhåll förutsatt att de var beroende av den dödes inkomst. I princip bör denna ersättning motsvara de materiella kostnaderna (c). Emellertid beräknas dessa ersättningar netto, dvs. den skadade får bara betalt från trafikförsäkringen för den del av kostnaden som inte ersätts genom tex. försäkringskassan, arbetsskadeförsäkring, sjuklön från arbetsgivaren mm. Vissa studier (Bladini 1994) tyder på att trafikförsäkringen bara täcker 20% av de materiella kostnaderna medan andra försäkringar tar över resten.

Utöver kompensation för dessa materiella kostnader betalas vid personskada ersättning för ideell skada (sveda och värk under sjukdomstiden¹² samt lyte och men därefter). Ersättningsbeloppet för lyte och men uppgår till 600.000 kronor (1992) för det så kallade *större maximalfallet* (förlamning av alla fyra extremiteterna eller total blindhet) för en 25-åring. För en 50% ortopedisk skada är ersättningen drygt 90.000 kronor. I genomsnitt skulle alltså för svåra skador

¹² Ersättningen för Sveda och värk under sjukdomstiden är blygsam. För svåra skador uppgår det till ca 4000 kr de första tre månaderna för att successivt sjunka till 2.100 kr per månad (Strömbäck p 165). Vid vård på intensivvårdsavdelning kan beloppen höjas med 50%.

ersättningen kunna uppgå till ca 10% av *ex ante* värderingen. För lindriga skador skulle två månaders full ersättning för sveda och värk motsvara ca 6.000 kronor vilket är 75% av *ex ante* värderingen. Vid dödsfall utgår oftast endast ersättning för förlorat underhåll.

Ersättningen kan jämkas om den skadade varit grovt vårdslös, handlat med uppsåt eller gjort sig skyldig till rattfylleri (medvållande överstämmer med Skl 6 kap. 1§). Försäkringsbolagen tillämpar generella normer för jämkningen. Vid uppsåt eller grov vårdslöshet jämkas ersättningen till 1/3 eller 1/2 av full ersättning. Vid rattfylla jämkas den till 2/3 eller om rattfyllan varit grov till 1/2. Jämkning förekommer också vid självmordsförsök om det anses 'stötande' att betala ut ersättning till efterlevande.

Tabell 3: Kostnader och ersättningsnivåer (1000 kronor)

	Dödsfall	Svårt skadad	Lindrigt skadad
Ex ante - Materiella kostnader (c)	3445	704	9
<i>Ersättning från trafikförsäkringen (d1)</i>	20%	20%	20%
Ex ante - Icke-materiella kostnader (a)	14755	2496	8
<i>Ersättning från trafikförsäkringen (d2)</i>	0%	10%	75%
Ersättningsgrad (d1+d2)/(c+a)	0.04	0.12	0.46

Sammantaget innebär detta att trafikförsäkringens ersättning endast uppgår till 4% av ex ante värderingen vid dödsfall, 12% vid svåra skador men närmare 50% vid lindriga skador. Det innebär att även om försäkringsbolagen betalar ersättning vid vållande (via en fördelning mellan försäkringsbolagen) och bilistens hastighetsöverträdelse betraktas som tillräckligt för vållande kommer ersättningen aldrig att motsvara full ersättning. Försäkringssystemet räcker alltså inte till för att korrigera för externaliteten i beteendet.

4 De vanliga externa marginalkostnaderna igen

För många trafiksäkerhetsbeteenden, t.ex. hastigheter, kan vi approximera en optimal nivå och införa en reglering som sedan upprätthålls med olika sanktioner. Att reglera antalet resor är inte särskilt praktiskt; istället diskuteras oftast här ekonomiska incitament som lämnar den slutliga avvägningen till den enskilda trafikanten.

Vi såg att den marginalkostnad vi diskuterade i avsnitt 2 leder till en optimal trafikvolym men att detta mycket väl kan uppnås under ett icke optimalt beteende. Avsnitt 3 diskuterade hur detta optimala beteende kunde uppnås. Låt oss då återvända till diskussionen i avsnitt 2 och komplettera den diskussionen. Den grundläggande frågan vi söker besvara här är vad de olika lösningarna på beteendeproblemet innebär för den externa marginalkostnaden. Vi gör det genom att titta på hur den privata marginalkostnaden (PMC) förändras vid de olika typerna av regleringar.

4.1 Hastighetsavgifter och hastighetsböter

Både hastighetsavgifter och hastighetsböter ökar de privata kostnaderna av en resa men förändrar inte de förväntade olyckskostnaderna utöver den riskförändring som uppkommer tack vare ett korrigerad trafiksäkerhetsbeteende. Låt oss addera kostnaden för resan till det totalkostnadsuttryck vi utgick från i avsnitt 2 (ekvation 1).

$$TC_j = A(a + b + c) + Q_j g(s) \quad (31)$$

Samhällets marginalkostnad kan då skrivas som nedan vilket motsvarar det vi skrivit i avsnitt 2 med skillnaden att den samhällsekonomiska marginella reskostnaden ($G(s)$) nu ingår i samhällets marginalkostnad.

$$MC_j = \frac{\partial A}{\partial Q} (a + b + c) + G(s) \quad (32)$$

Den privata marginalkostnaden har tidigare antagits motsvara genomsnittskostnaden vilket innebär att den kan skrivas;

$$PMC_j = \frac{A}{Q} \theta (a + b + c) + g(s) \quad (33)$$

Både hastighetsavgifter och den förväntade boten kommer att ingå i den privata marginalkostnaden men de kommer inte att ingå i den samhällsekonomiska där enbart resurskostnaden kommer att ingå. Dessa kostnader kommer alltså att utgöra en del av en internalisering av den externa marginalkostnaden.

4.2 Ansvarsfördelning

Den teori vi presenterat i avsnitt 2 ovan diskuterar inte ansvarets betydelse. Vi antar att bilist A skadas i en olycka med den oskadade bilist B. Utan någon ansvarsfördelning kommer A att bära samtliga kostnader (förutom de som samhället bär c) medan B inte kommer att bära några kostnader. Antag vidare att vi ex ante kan särskilja dessa båda grupper. Den externa marginalkostnaden för vardera grupp är då;

$$MC_A^e = r_A(a + b + c)[1 + E_A] - r_A(a + b) = r_A(a + b + c)[E_A] + r_A c \quad (34)$$

$$MC_B^e = r_B(a + b + c)[1 + E_B] \quad (35)$$

där vi ser att marginalkostnaden för den oskadade (B) är högre än för den skadade (A). Det slutliga uttrycket i avsnittet 2 (ekvation 7) är naturligtvis en vägd summa av dessa båda marginalkostnader där θ uttrycker sannolikheten av att bli den skadade bilisten.

Vållande och ersättningar

Vi kontrasterar uttrycken ovan (34 och 35) med resultaten från olika former av ansvarsfördelning. Med en laglig bilist B under *culpa* (fall I och fall II) uppstår samma externa marginalkostnader som vid avsaknad av ansvarsfördelning (34 och 35).

Om bilist B betar sig olagligt (fall III och IV) kommer han att bära en del av olyckskostnaden i form av ersättningen (d) och eventuellt boten (M)¹³. Den externa kostnaden ska nu reduceras med den förväntade olyckskostnad han bär. Å andra sidan kommer nu bilist A att bli kompenserad varför han inte internaliserar hela olyckskostnaden utan en komponent relaterad till ersättningen (d) tillkommer. Om båda betar sig olagligt antar vi i fall IV att ersättningen är hälften mot vad den var där enbart bilist B bröt mot lagen. Strikt ansvar för bilist B medför att fall III eller fall IV alltid kommer att gälla.

¹³ Ersättning och bot kan för en olaglig trafikant dock aldrig bli så stor att de motsvarar de totala olyckskostnaderna; en rationell trafikant hade då betett sig lagligt.

Tabell 4 Externa marginalkostnader vid culpa-regel

	1 Laglig B	2 Olaglig B
1 Laglig A	(I) $MCA_{ext} = rA(a+b+c)EA + rAc$ $MCB_{ext} = rB(a+b+c)(1+EB)$	(III) $MCA_{ext} = rA(a+b+c)EA + rAc + rAd$ $MCB_{ext} = rB(a+b+c)(1+EB) - rB(d+M)$
2 Olaglig A	(II) $MCA_{ext} = rA(a+b+c)EA + rAc$ $MCB_{ext} = rB(a+b+c)(1+EB)$	(IV) $MCA_{ext} = rA(a+b+c)EA + rAc + rA1/2 d$ $MCB_{ext} = rB(a+b+c)(1+EB) - rB(1/2d+M)$

Ex ante kan vi inte särskilja dem

Antag att både A och B är bilförare och att vi inte ex ante kan särskilja vilken som kommer att vara vållande. Både fall I och fall II är identiskt med ekvation 34 och 35 vilket medför att vi kan nyttja vår ursprungliga ekvation 7 om vi inte kan särskilja vilken av dem som är vållande.

För fall III olyckor kan vi anta att sannolikheten för en bilist att vara vållande är 0,5. Medan marginalkostnaden minskar för B genom att ersättningen måste betalas kommer den att öka för A genom den erhållna ersättningen. Effekten på den sammanvägda marginalkostnaden försvinner och marginalkostnaden kan ånyo skrivas som vår ursprungliga ekvation 7. Detsamma gäller fall IV.

Skulle vi istället införa en bot (M) kommer marginalkostnaden att påverkas. Det innebär att vi kan internalisera olyckskostnaden via en ex post bot. En sådan bot påverkar alltså såväl beteendet som resandevolymer.

5 Kostnader för undvikandet av risk

5.1 En teoretisk genomgång

Marginalkostnaderna ovan är baserade på ändringar i risken. Denna riskförändring kan påverkas av trafiksäkerhetsbeteende som vi sett i avsnitt 3. Detta trafiksäkerhetsbeteende kan i sin tur påverkas av trafikvolymen. När trafikvolymen ökar och om risken ökar kan man alltså tänka sig att andra trafikanter tar på sig en större kostnad för att minska risken. Denna undvikandekostnad är också en externalitet.

Vi kan tänka oss två ansatser för att inkludera detta. Den ena innebär att vi separat skattar denna undvikandekostnad medan den andra utgår från en hypotetisk riskfunktion.

5.1.1 Separat kostnad för skydds-beteendet.

Liksom tidigare delar vi upp bilisterna i två grupper, A som skadas i olyckan och B som är den andre parten. Vi antar att reskostnaden är förknippad med storleken på skydds-beteende som i avsnitt 3 ($g(s)$). Den totala kostnaden (TC) för olyckor och trafiksäkerhetsbeteende kan då skrivas.

$$TC = A(a + b + c) + Q_A g(s_A) + Q_B g(s_B) \quad (36)$$

Vi tillåter endast skydds-beteende som ökar den egna säkerheten¹⁴. En trafikant som förväntar sig att bli den skadelidande kommer att anpassa sitt trafiksäkerhetsbeteende för undvika olyckor. Till den marginalkostnad vi diskuterat i avsnitt 2 ska vi alltså lägga kostnaderna för de skadelidandes undvikandekostnad. Den totala externa kostnaderna för kategori B kan då skrivas som ekvation 37 om vi antar att $\theta=0$.

$$MC_B^e = \frac{dA}{dQ_B} (a + b + c) + \underbrace{Q_A \frac{dg}{ds_A} \frac{ds_A}{dQ_B}}_{\text{individ Bs undvikande kostnad}} = r_B (a + b + c) [1 + E_B] + Q_A \frac{dg}{ds_A} \frac{ds_A}{dQ_B} \quad (37)$$

Här inkluderas alltså kostnaden för kategori As skydds-beteende som uppkommer på grund av kategori Bs resbeslut. En del av denna kostnad kan vi observera som lägre hastigheter och fångas i en beräkning av de marginella trängselkostnaderna.

Vi utgår här alltså från den observerade riskelasticiteten och adderar den externa marginalkostnaden förknippad med skydds-beteendet. Den andra ansatsen utgår från en hypotetisk risk.

¹⁴ Vi kan även tänka oss undvikande som blir en positiv externalitet, Johansson (1996).

5.1.2 Hypotetisk risk

Denna ansats bygger på antagandet att den observerade riskförändringen ($\frac{dA}{dQ_B} dA/dQ_i$) är en funktion av den rena riskförändringen ($\frac{d\hat{A}}{dQ_B}$) reducerad med effekten av skydds beteendet (s).

$$\underbrace{\frac{d\hat{A}}{dQ_B}}_{\text{hypotetisk risk}} = \underbrace{\frac{dA}{dQ_B}}_{\text{observerad risk}} + \underbrace{\frac{dA}{ds_A} \frac{ds_A}{dQ_B}}_{\text{riskminskning genom undvikande}} \quad (38)$$

Rationellt skydds beteende kommer, på marginalen, att säkerställa att den marginella privata undvikandekostnaden motsvarar den privata nyttan av riskminskningen på samma sätt som vi sett i avsnitt 3 (ekvation 39). Här antar vi att c-komponenten är internaliserad och $b=0$ vilket innebär att inga externaliteter uppkommer i den skadelidandes (A) undvikandebeteende. I ekvationen nedan låter vi A representera antalet olyckor under en resa så att de motsvarar den enhet som används för undvikandekostnaden (g).

$$a^A \frac{dA}{ds_A} = \frac{dg}{ds_A} \quad (39)$$

Vi kan då substituera undvikandekostnaden i ekvation 37 med detta optimalitetsvillkor för bilist A men bortser från b och c-komponenten i ekvation 37 (ekvation 40 nedan)¹⁵. Vi ser då att vi kan skriva den externa marginalkostnaden för bilist B som en funktion av enbart den hypotetiska riskförändringen. Vi kan även uttrycka detta samband med en hypotetisk riskelasticitet \hat{E} .

$$MC_B^e = \frac{dA}{dQ_B} a + a^A \frac{dA}{ds_A} \frac{ds_A}{dQ_B} = \frac{d\hat{A}}{dQ_B} a = r_A a (1 + \hat{E}) \quad (40)$$

Huvudhypotesen rörande den hypotetiska riskelasticiteten är att antalet olyckor borde öka med kvadraten på trafikflödet, dvs. en riskelasticitet på 1. Skulle vi då väga samman den externa marginalkostnaden för bilist A som är oförändrad och den nya hypotetiska externa marginalkostnaden för bilist B med sannolikheten θ att bli den skadelidande, får vi följande uttryck där E är den vanliga observerbara elasticiteten.

$$MC = \theta r(a)E + (1 - \theta)2r(a) = r(a)[2(1 - \theta) + \theta E] \quad (41)$$

¹⁵ Antalet olyckor A uttrycks nu för ett helt år som $A \cdot Q$.

5.2 Diskussion av storleksordningar

Vi utgår från att andelen intern kostnad är $\theta=0.65$ för bilister på landsbygd¹⁶. Låter vi den observerade elasticiteten vara $E=0$ på landsbygd kommer den externa marginalkostnaden att vara 70% av genomsnittskostnaden. Med samma antaganden i den traditionella ekvation 7 ($c=0$ och att $E=0$) kommer den externa marginalkostnaden att vara 35% av genomsnittskostnaden.

¹⁶ Se Lindberg et al. (2002)

6 Slutsatser

En förare kan påverka trafiksäkerheten på tre sätt, i) genom att förändra antalet och längden på sina resor, ii) genom att minska sannolikheten för en olycka givet resan via bl.a. beteendet eller iii) lindra konsekvensen av olyckan.

Genom att trafikanten inte bär alla olyckskostnader uppkommer externaliteter i samtliga beslut. För externaliteter i resbeslutet har vi presenterat den grundläggande teorin. Den följer av ekvation 7 nedan där r är risken, E den observerade riskelasticiteten, θ andelen olyckskostnad som bärs av den observerade trafikanten och $a+b+c$ är kostnadskomponenten.

$$MC_j^c = r(a + b + c)[(1 - \theta) + E] + \theta c \quad (7)$$

Vi förväntar oss att marginalkostnaden ska vara hög om;

- Olycksrisken r är hög
- Kostnaden per olycka är hög ($a+b+c$);
- Större delen av kostnaden faller på andra grupper ($\theta \approx 0$);
- Risken ökar med fler fordon av typen j ($E > 0$);
- Eller en stor del av olyckskostnaden betalas av ett generellt välfärdssystem (c)

Vi har studerat hur detta uttryck fungerar om vi inför olika system för att utkräva ansvaret. Ansvaret i sig påverkar inte kostnaden ovan. Om däremot ersättningar eller böter betalas kommer marginalkostnaden att förändras. Men om vi inte kan observera vem som kommer att vara vållande i en olycka eller vem som kommer att skadas innan resan skett har vi sett att uttrycket ovan kan användas under förutsättning att inga böter införts.

Vi har också analyserat trafiksäkerhetsbeteendet. Liksom i resbeslutet har vi funnit att det uppkommer en externalitet som innebär att bilisten alltid kommer att 'producera' för lite trafiksäkerhetsbeteende. Det innebär att det finns ett behov av statliga interventioner av någon typ.

I valet mellan olika regleringar vet vi att staten bör införa en reglering om, och endast om, de två villkoren nedan är uppfyllda; I) att individernas förväntade nytta av regleringen är positiv och II) att den är mer positiv för denna reglering än alla andra regleringar. Vi ska alltså inte minimera risken, vi ska optimera risken vilket borde vara ett självklart påstående.

I vår analys ser vi att individen troligen finner det privatekonomiskt lönsamt att kompensera den 'statliga' säkerhetshöjning vid trafiksäkerhetsåtgärder med att reducera sina privatekonomiska insatser för trafiksäkerheten. Om vi t.ex. investerar i mitträcken som höjer säkerheten kommer bilisten att göra en ny analys av sitt säkerhetsbeteende och t.ex. öka hastigheten. Så länge den externa effekten

består kommer åtgärder som bara sänker risken inte att leda till en optimal trafiksäkerhet.

Vi inför då regleringar, tex. i form av hastighetsgränser. Men individen har fortfarande incitament att bryta mot lagen och sanktioner måste införas. I avsnittet har tre typer diskuterats, hastighetsavgifter, hastighetsböter och ansvaret för olyckan. Avgifter är idag hypotetiskt men det pågår försök vid VTI med denna typ av ekonomiska incitament. Hastighetsböter påverkar beteendet och kan säkerställa ett lagligt beteende. I vårt exempel har vi sett att bötesnivåer eller sannolikheten att bli upptäckt inte är tillräckligt stora i Sverige vilket innebär att bilister finner det lönsamt att bryta mot lagen.

Det tredje alternativet är att förstärka ansvaret för olyckskostnaderna när väl en olycka skett. Två villkor krävs för att säkerställa ett optimalt beteende; dels måste ersättningen sättas så att det privata hastighetsvalet vid lagbrott blir lägre än hastighetsgränsen och dels måste hastighetsgränsen vara samhällsekonomiskt optimal. Vi ser också att om bilisterna har olika kostnadsfunktioner kommer vi inte att kunna bestämma en optimal hastighetsnivå och regleringar blir ineffektiva. Ett annat problem uppkommer om transaktionskostnaderna för rättsystemet inte längre är försumbara. I praktiken har ju detta inneburit att bland andra Sverige valt ett no-fault försäkringssystem som minimerar kostnaderna för de rättsliga processerna vid olycka.

En sammanfattning av ersättningar i det svenska försäkringssystemet tyder på att trafikförsäkringen endast ersätter 4% av ex ante värderingen vid dödsfall, 12% vid svåra skador men närmare 50% vid lindriga skador. Det innebär att även om försäkringsbolagen betalar ersättning vid vållande (via en fördelning mellan försäkringsbolagen) och bilistens hastighetsöverträdelse betraktas som tillräckligt för vållande kommer ersättningen aldrig att motsvara full ersättning. Försäkringssystemet räcker alltså inte till för att korrigera för externaliteten i beteendet.

En av de kostnader vi kan misstänka att vi missar här kostnaden som trafikanter tar på sig för att undvika en riskökning. Vi har i ett enkelt exempel visat att den externa marginalkostnaden under vissa antaganden uppgår till 35% av genomsnittskostnaden för en bil på landsbygd om vi bortser från undvikandekostnaden. Inkluderar vi undvikandekostnader baserad på en hypotetisk riskförändring kommer marginalkostnaden att utgöra 70% av genomsnittskostnaden.

7 Referenser

- Arrow, K. (1970) *Essays on the Theory of Risk bearing*, Chicago, Markham.
- Bergstrom, C.T. (1982). When is a man's life worth more than his human capital? In Jones-Lee(ed) ; *The value of life and safety*, North-Holland Pub.Comp.
- Bladini, F. (1994) *Trafik- och arbetsskador – ett reformförslag utifrån läran om ekonomisk prevention*. svensk jurist tidning, 1994.
- Boyer M.; Dionne, G. (1987) 'The economics of road safety', *Transportation Research*, Vol 21B, No5, pp 413 – 431.
- Garabcz, C. (1985); A note on Peltzman's theory of offsetting consumer behaviour, *Economic Letters*, vol. 19, page 183 - 187
- Graham, J.D.; Garber, S. (1984) Evaluating the effects of automobile safety regulations. *Journal of Policy Analysis and Management* 3: 206 - 224, 1984.
- Harrington, S.E. Doeringhaous, H.I. (1993) 'The economics and politics of automobile insurance rate classification' *The Journal of Risk and Uncertainty*, Vol 60, No 1, pp 59-84.
- Hurst, P.M. (1980) 'Can anyone reward safe driving' *Accident Analysis and Prevention*, Vol 12, 1980, pp 217 – 220.
- Janson, J.O. Lindberg, G. (1997) "PETS - Pricing European Transport Systems - Pricing Principles" *European Commission 1997*.
- Jansson, J. O. (1994), *Accident Externality Charges*, *Journal of Transport economics and Policy*, Vol 28. No 1, pp 31 - 43.
- Johansson, O (1996), *Welfare, externalities, and taxation; theory and some road transport applications*. Gothenburg University.
- Jones-Lee, M.W. (1982) *The value of life and safety'* North Holland Publishing Company, 1982.
- Jones-Lee, M.W. (1992) *Paternalistic altruism and the value of statistical life*, *Economic Journal*, 102, 80-90.
- Jorgensen, F.J. and J. Polak (1993) The effect of personal characteristics on driver's speed selection: an economic approach, ' *Journal of Transport Economics and Policy* 27.3, 237 – 252.
- Langwieder, K. (1995) 'The influence of insurers' accident research on driver behaviour and car safety' *Incentives' OECD Workshop on Automobile Insurance and Traffic Safety*, 10 - 12 May 1995, Tallinn, Estonia.
- Lindberg G (2000): *Marginal Cost Methodology for Accidents. UNITE (UNification of accounts and marginal costs for Transport Efficiency) Working Funded by 5th Framework RTD Programme, Interim Report 8.3. ITS, University of Leeds, Leeds.*
- Lindberg, G. (2001): *Traffic Insurance and Accident Externality Charges*, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 35, Part 3, pp 399-416.
- Lindberg, G., M. Andersson och P. Nylander (2002): *Andelen interna olyckskostnader*, PM skrivet för SIKA. September 2002.
- Needleman (1976) L. Valuing other people's lives. *Manchester School*, vol. 44, pp 309 -342.
- Nilsson, G. (1996): *Trafiksäkerhetssituationens variation i tiden*, VTI Rapport 15.
- OECD (1990): 'Automobile insurance and road accident prevention', Paris.
- Pauly, M.V. (1974): *Overinsurance and the public provision of insurance: The roles of moral hazard and adverse selection"* *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 88 p 44-62.
- Peltzman, S. (1975), *The effects of automobile safety regulations*, *Journal of Political Economy*, vol. 83(4), page 677 - 725.
- Persson-Cedervall (1991) 'The value of riskreduction: Results from a Swedish sample survey' *IHE Working Paper 1991:4*. Lund.
- Shavell, S. (1987) *Economic Analysis of Accident Law*. Harvard University Press.
- Shogren, J. (1990) 'The impact of Self protection and Self-insurance on Individual Response to Risk', *Journal of Risk and Uncertainty*, 3, 191 –204.

- Shogren, J.; T. Crocker (1991) 'Risk, Self-protection, and Ex Ante Economic Value', *Journal of Environmental Economics and Management*, 20, 1-15.
- Strömbäck, E, red (1992) "Trafikskadelagen och andra ersättningssystem vid trafikolyckor" 4:e upplagan, C E Fritzes AB, Stockholm
Trafikskadelagen SFS 1975:1410
- Traynor, T.L. (1993); The Peltzman hypothesis revisited: An isolated evaluation of offsetting driver behaviour, *Journal of Risk and Uncertainty*, vol. 7:7, page 237 - 47.
- UIC (2000): External Cost of Transport, International Union of Railways, Paris.
- Vaaje, T. (1995) 'Driver behaviour and Insurance Incentives' OECD Workshop on Automobile Insurance and Traffic Safety, 10 - 12 May 1995, Tallinn, Estonia.
- Vickrey, W (1968), Automobile accidents, tort law, externalities, and insurance. *Law and Contemporary Problems*, Summer.
- Viscusi, W.K., Magat, W.A. and Forrest, A. (1988) Altruistic and Private Valuations of Risk Reductions. *Journal of Policy Analysis and Management*. 7, No.2 pp.227-245.
- Viscusi, W (1993). *Fatal Tradeoffs. Public & Private Responsibility for Risk.*, Oxford University Press, NewYork.

Bilaga: Olycksvärderingar

Det finns en stor skillnad mellan värderingen *ex post* och *ex ante* för olyckor. Före olyckan har individen en betalningsvilja för att reducera risken. För att förenkla användandet av ekonomiska värderingar räknas denna värdering för en liten riskminskning ofta om till en värdering för ett 'statistiskt' liv eller skada. När olyckan väl har hänt krävs ett stort belopp för att kompensera individen så att hans välfärd är oförändrad; i många fall vid de svårare skadorna finns ingen nivå på kompensationen i pengar som individen accepterar som tillräcklig (p.g.a. avtagande marginalnytta av pengar). Den värdering som uttrycks *ex ante* kan således mycket väl skilja sig från värderingen *ex post*; extremfallen utgörs av dödsfall där diskussionen om kompensation är meningslös medan det finns en betalningsvilja för att reducera risken *ex ante*. För lindrigare skador finns det ett ändligt kompensationskrav; - 'får jag 2 Mkr så kan jag acceptera att någon får förorsaka mig ett godartat benbrott' - är ett inte helt orimligt uttalande.

Både när vi diskuterar investeringsplanering och när vi diskuterar effektiva prissignaler är det *ex ante* värderingen som är relevant. Studerar vi det utkrävda ansvaret är det *ex post* värderingen som nyttjas.

Tabell 5 : Definitioner *ex ante* och *ex post*

<p>Ex Ante värdering – <i>värdet av ett statistiskt liv eller skada</i> betalningsvilja för att reducera risken att dö eller skadas; räknas om till ett värde för ett statistiskt liv eller skada</p>
<p>Ex Post värdering – <i>kompensationskrav</i> kompensationskravet för att bibehålla samma välfärd efter en skada som före skadan</p>

Betalningsviljan (*ex ante*) beror på initialrisken och riskförändringens storlek. Vissa studier tyder på att respondenten inkluderar de materiella konsekvenserna för resten av hushållets medlemmar i svaret¹⁷ på betalningsvilje frågan. Vi antar att några av de materiella komponenterna såsom direkta och indirekta kostnader för individens hushåll (a' och a'' i tabellen nedan) ingår i trafikantens uttryckta betalningsvilja.

Förutom dessa värderingar och kostnader knutna direkt till individens välfärd uppkommer materiella kostnader (c) i form av egendomsskador, sjukvårdskostnader, produktionsbortfall etc. som täcks av samhället som helhet via det generella skattesystemet.

Trafikanten kan ha släktingar och vänner utanför hushållet som också bryr sig om hans exponering för risk. Jones-Lee (1992) föreslår att värdet på ett statistiskt liv (VOSL) för ett 'socialt' samhälle kommer att vara 10% till 40% högre än för ett själviskt samhälle medan andra föreslår att detta värde är av samma storlek som

¹⁷ Persson and Cedervall (1991).

individens egen riskvärdering. Resultaten från en svensk studie (redovisas slutet av denna bilaga) där släktingars värderingar uppgår till mellan 30% och 70% av individens privata värdering.

Det verkar således klart att släktingar och vänner har en positiv betalningsvilja för en trafikants säkerhet. Men det har ändå argumenterats för att det relevanta värdet på VOSL för skattefinansierade investeringar är desamma under *ren altruism* och under *rent själviska intressen*. Intuitionen bakom detta resultat är att en 'ren altruist' bryr sig både om andra personers säkerhet och deras välfärd förlust pga. den ökade skattekostnaden att finansiera dessa investeringar¹⁸. Det positiva VOSL för släktingar och vänner kan därför ignoreras om preferenserna är rent altruistiska. Resultaten som presenteras i slutet av bilagan indikerar att personer har ett värde för andras säkerhet men att de inte är rena altruister; de bryr sig inte så mycket om skattekonsekvensen som trafiksäkerheten. Släktingars värderingar skulle därmed *kunna* vara relevanta för investeringsbedömningar.

För prissättning får vi en tydligare slutsats. Eftersom den generella skattenivån aldrig påverkas kommer inte skattekonsekvenserna att balansera den positiva värderingen av släktingars säkerhet; dvs. även vid *ren altruism* ska värderingen beaktas i prissättningen. Vi inkluderar därför en sådan komponent nedan. Vi väljer storleken 40% av individens privata värdering (b).

I tabellen nedan summerar vi våra slutsatser angående vilka olyckskostnaderna som bör beaktas vid prissättningen. Värderingen baseras på SIKA rapport 1999:6.

Tabell 6: Olycksvärderingar och dess komponenter, Sverige 1999 (1000 kronor).

Ex ante and ex post cost components	Dödsfall		Svårt skadad		Lätt skadad	
'Kostnaden' för dödsfall och skador baserad på betalningsviljan för den risk-exponerades hushåll; a	13000	91%	2000	77%	9	60%
<i>direkta materiella kostnader för den skadelidandes hushåll; a'</i>	286	2%	78	3%	3	22%
<i>indirekta materiella kostnader för den skadelidandes hushåll; a''</i>	1859	13%	26	1%	0	0%
'Kostnaden' för dödsfall och skador baserad på betalningsviljan för den exponerades släkting; b	3900	27%	600	23%	3	18%
Kostnader för resten av samhället; c	1300	9%	600	23%	6	40%
Officiell värdering; a+c	14300	100%	2600	100%	15	100%
Total värdering inklusive b; a+b+c .	18200	127%	3200	123%	18	118%

Dessa värderingar kan sammanfattas i en *materiell komponent* och en *icke-materiell komponent*. Den första inbegriper förlorad inkomst, sjukvårdskostnader och materiella skador ($c = c + a' + a''$). Den icke-materiella är i huvudsak baserad på riskvärderingen men exkluderar de materiella kostnaderna för hushållet ($a = a - a' - a'' + b$). För dödsfall dominerar den icke-materiella kostnaden medan den materiella och icke-materiella kostnaden är i stort sätt lika för lindriga skador.

¹⁸ Bergstrom (1982).

Tabell 7: Materiella och icke-materiella olycksvärderingar (1000 kronor)

	Dödsfall		Svårt skadad		Lindrigt skadad	
Materiella (c)	3445	19%	704	22%	9	53%
Icke-materiella (a)	14755	81%	2496	78%	8	47%

Värdering av trafiksäkerhet – aktuella forskningsfrågor

I en svensk studie (utförd av G.Lindberg VTI) ställs ett antal boende i Örebro inför frågeställningen vad de är beredda att betala för absolut säkerhet i deras tätort. Absolut säkerhet för dödsfall och svåra skador valdes för att göra riskminskningen mer begriplig. Huvudfrågan i denna studie var emellertid en annan kärnfråga; är riskvärderingarna baserade på själviska preferenser eller har anhöriga en relevant värdering av säkerhet eller till och med av välfärd släktingars välfärd generellt.

Säkerheten i studien kunde endera åstadkommas med en ospecificerad säkerhetsutrustning eller en kommunal trafiksäkerhetsinvestering (Q1). Säkerhetsutrustningen kan endera användas enbart av respondenten själv (Q2), enbart av en släkting (Q3 och Q4), hela hushållet (Q4) eller enbart av ett barn (Q5). Tabellen nedan visar betalningsviljan för dessa frågor; uttryck som VOSL.

Table 1 Värde på ett statistiskt liv och svår skada (MSEK)

	Non-parametric	Bivariate	Multivariate
Kollektiv utrustning (Q1)	12.3	13.0	12.0
Privat utrustning (Q2)	24.1	26.2	24.6
Barns utrustning. (Q5)	39.2	36.6	34.8
Hushålls utrustning(Q4)	14.4	17.4	18.4
Släktings utrustning 3	8.0	15.1	17.4
Släktings utrustning 4	14.6	18.8	15.9

Not: resultaten från tre olika analysmetoder redovisas.

Respondenterna visar en positiv betalningsvilja för släktingars säkerhet. Vi kan därmed utesluta att individerna endast har själviska preferenser. 'Släktingars värderings kvot' uppgår till mellan 0,61 och 0,72 när de enbart besvarat denna fråga men sjunker till mellan 0,33 och 0,58(0,71) när de tvingats ta ställning om de skulle köpa till sitt eget hushåll också; dvs. en stark budgetbegränsning sänker kvoten. Resultatet är högt jämfört med andra studier som varierar kring 0,45 för många släktingar (Needleman (1976), Jones-Lee (1989, 1992)) även om en senare studie föreslår en kvot över 1 för en nära släkting (Schwab Christe 1995).

Endast 2,4% till 3% av respondenterna kan sägas ha rent altruistiska preferenser; dvs. de accepterade att byta säkerhetsutrustningen som de köpt till släktingen mot en check som kan användas för fri konsumtion. Detta resultat tyder på att de antaganden som Bergstrom (1982) bygger sin slutsats på inte klarar en empirisk test. Resultatet innebär att både prissättningen och investeringsbesluten kommer

att påverkas om vi tillåter en vidare syn på individens preferenser än rent själviska.

Mot denna slutsats om stor omtanke för andras säkerhet står jämförelsen mellan den kollektiva säkerheten (Q1) och den privata säkerheten. En kommunal åtgärd genererar bara hälften så stor betalningsvilja som en privat utrustning och en tredjedel av hushållsutrustning. Resultatet är inte unikt och skillnaden kan endera härledas till skillnader i produkt¹⁹ eller finansiering²⁰.

Barns säkerhet värderas 50% över en egen säkerhetsutrustning (kvoten 1,5). Viscusi (1998) indikerar en 'barns värderings kvot' mellan 1,2 och 2,4. Säkerhetsåtgärder som gynnar barn bör därför ges en högre prioritet i trafiksäkerhetsarbetet än vad som blir fallet om det baseras på genomsnittsvärderingar.

¹⁹ Tidigare resultat har visat att individer föredrar egen framför kollektivt tillhandahållen säkerhet (Shogren (1990)). Shogren och Crocker (1991) indikerar i experiment att om den marginella effektiviteten i den kollektiva säkerhetsåtgärden sjunker ökar värderingen av egen tillhandahållen säkerhet. Följaktligen, om folk tror att kollektivt tillhandahållen säkerhet kommer att vara ineffektiv kommer de att favorisera privat (egen) säkerhet.

²⁰ En annan förklaring står att finna i utformningen av betalningssätt. Med rent altruistiska preferenser kommer vad intervjupersonen tror om förhållandet mellan avgiftsnivåer och släktingars betalningsvilja för säkerhet att påverka resultatet. Om han tror att avgiftsnivån överstiger släktingars betalningsvilja kommer han att tveka att inför en kollektiv åtgärd som tvingar släktingen att betala eftersom släktingarnas välfärd då sjunker trots att han får högre säkerhet (Johannesson et.al. 1996). En ytterligare förklaring är naturligtvis att individer kan ha negativa preferenser för kollektiva avgifter och skatter som sådana.

Bilaga 3

Marginella bullerkostnader

**– en genomgång av SIKAs/Vägverkets arbete
samt analyser med effektkedjemetoden**

Gunnar Lindberg, VTI
Januari 2003

PM skrivet för VTI:s miljövärderingsprojekt 'ExternE'

1 Inledning

Den svenska ansatsen att beräkna marginella bullerkostnader har funnits framme i preliminär form under ett antal år. Något avslut av arbetet har inte gjorts och den har därför kontinuerligt formen av 'räkneexempel'. Ansatsens värde ligger i att den tar upp marginalproblematikens två aspekter, dels medför ytterligare ett fordon ett litet bullertillskott som dessutom minskar med trafikflöde men dels förändras antalet utsatta i olika bullerintervall. Det senare blir väsentligt med en progressiv värdering som den svenska.

I samband med europeiska forskningsprojekt (UNITE) introduceras nu den sk. effektkedjeansatsen även för buller. Ansatsen bryter ner sambanden på mer detaljerad nivå och analyserar emissioner, spridning och effekter samt kostnader i en kedja. De kostnadssamband som ligger bakom analyserna är linjära varför fördelningen av utsatta i olika bullerintervall har mindre intresse. Studier av denna ansats är relevant både för marginalkostnadsproblematiken och för värderingen av buller i den samhällsekonomiska kalkylen.

Vi finner ett antal skillnader och oklarheter som bör studeras vidare. Dels övergår man inom EU till ett annat bullermått än det svenska. Det tycks som om inledande arbete har påbörjats för att se vad detta innebär för exponeringsdata och riktvärden. Något motsvarande arbete på värderingsmodellerna kan inte skönjas.

Det är en stor skillnad i formen på den svenska värderingsmodellen och den som används i effektkedjemetoden. Det är möjligt att man mot bakgrund av ny forskning skulle behöva se över den svenska bullermodellen.

Om vi återgår till den svenska ansatsen att beräkna marginalkostnader bedömer vi att den ganska enkelt skulle gå att föra från kontinuerligt räknexempel till faktiska fallstudier. Ett sådant arbete innebär att man skulle beräkna marginalbuller i ett antal miljöer där man har bra exponeringsdata. Frågetecknen kring värderingsmodellen kvarstår dock.

En granskning av resultaten är förvånande. Kostnaden för en bullerökning med en dB(A) (olika mått i de olika ansatserna) ger i stort sett samma värde, det skiljer enbart 14%. De resulterande marginalkostnaderna, i det svenska fallet som räknexempel och i effektkedjeansatsen som ett antal tyska typfall, är också väldigt lika.

Denna PM börjar med en genomgång av den svenska ansatsen (avsnitt 2) för att därefter granska effektkedjeansatsen i den form den beskrivits i Schmid et.al. (2002) i avsnitt 3. I avsnitt 4 diskuteras de olika ansatserna och ett antal frågor reses.

2 Marginalkostnad i Sverige

Vi går här igenom den ansats till marginalkostnader för buller som lanserats av Vägverket och finns presenterade i SIKA (2002). Vår presentation av materialet skiljer sig dock något från den som genomförs där. Samtliga antaganden är hämtade från Vägverkets arbete och ifrågasätts inte i detta avsnitt. Däremot presenteras en kritisk diskussion i avsnitt 3.

2.1 Marginalbuller

I figuren nedan har en marginalbullerfunktion för ytterligare en personbil plottats ut²¹. Ytterligare en personbil antas bullra ½ av genomsnittsfordonet på länken. Bullermängden är proportionell mot antalet fordon under året på vägen och ytterligare ett fordon som kör en km ökar alltså denna bullermängd med en mycket liten faktor.

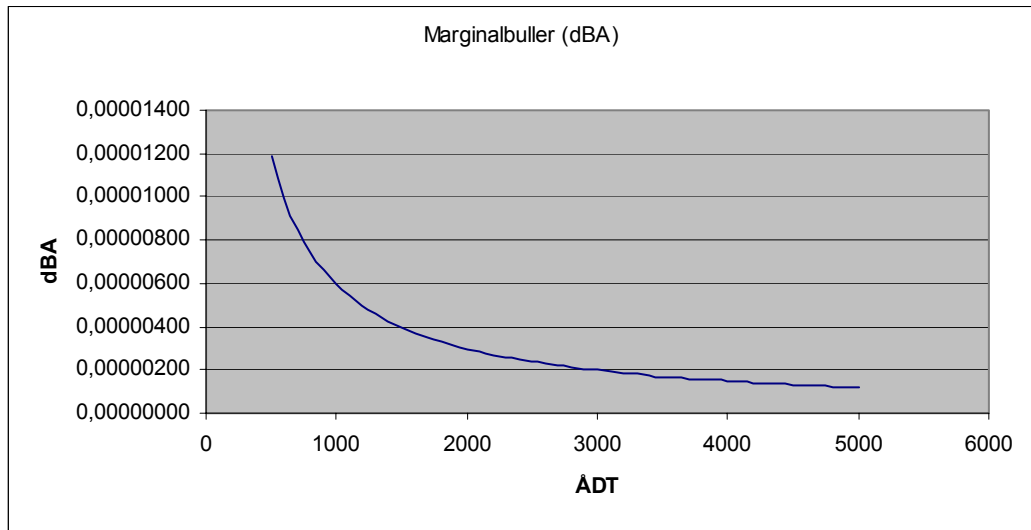
$$(1) \text{ 'marginalbullerfaktor' } = \frac{365 * \text{ÅDT} + 0.5}{365 * \text{ÅDT}}$$

För en väg med 1100 ÅDT innebär detta en faktor på 1.00000124. Genom att uttrycka denna faktor i dB(A) erhålls funktionen i figuren nedan ($10 * \text{Log}(1.00000124) = 0.00000541$).

Som synes nedan sjunker tillskottet av buller vid ökad trafikvolym på vägen i fråga. Detta faktum har ofta lett till slutsatsen att marginalkostnaden av buller är liten. Det finns dock två motverkande effekter; dels är bullervärderingen stigande med ökad bullernivå och dels förändras antalet utsatta med ökad bullernivå.

²¹ Källa: SIKA rapport 'Trafikens externa effekter' 2001:7 sid. 56.

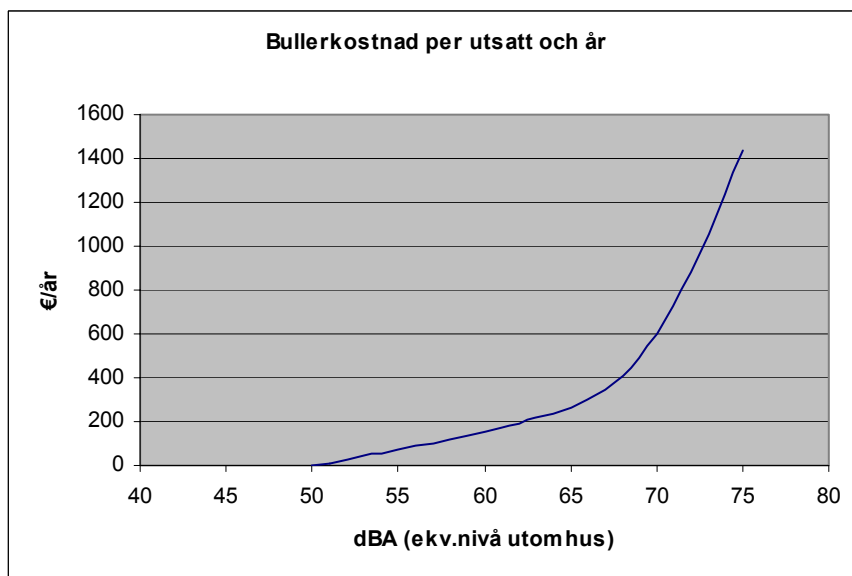
Figur 1: Marginalbuller från ytterligare en personbil



2.2 Störningskostnad

Bullervärderingen baseras på en hedonisk prisstudie²² men där resultaten från den ursprungliga studien har anpassats så att en värderingskurva har skapats där den marginella värderingen successivt ökar. I figuren nedan har kostnaderna för buller mätt som ekvivalentnivå utomhus nyttjats. Detta inkluderar 60% inomhusbuller och 40% utomhusbuller där inomhusbullret uppskattats vara 25 dBA lägre än utomhusbullret.

Figur 2: Bullerkostnad per utsatt och år (€/år)²³.



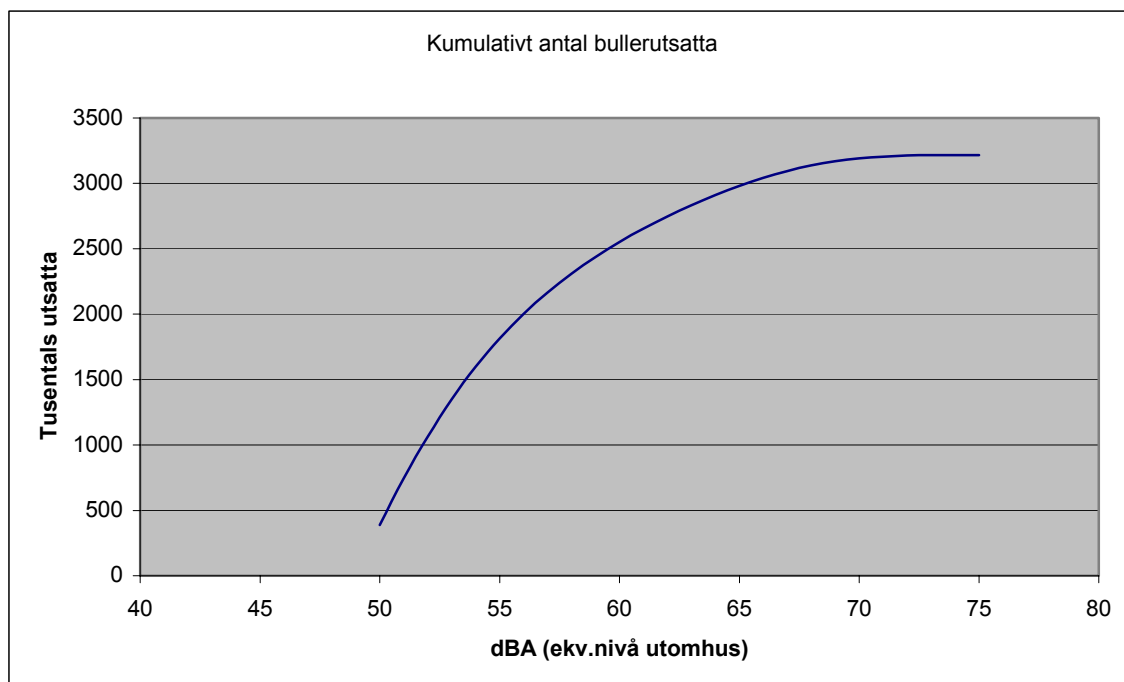
²² Se SIKA 1999:6.

²³ Vx-kurs 9.70 SEK/€

2.3 Utsatta

Den tredje komponenten i underlaget till marginalkostnaden utgörs av exponeringen. Figur 3 beskriver det kumulativa antalet bullerutsatta för olika bullernivåer²⁴. Det totala antalet bullerutsatta (≥ 50 dBA) uppgick 1997/98 till 3.2 miljoner personer varav 390 tusen personer var utsatta i det lägsta intervallet, 50-51 dB(A). Detta lägsta intervall har ingen värdering per utsatt.

Figur 3: Kumulativa antalet bullerutsatta i Sverige



2.3.1 Marginalkostnad

I den följande beskrivningen har vi valt ett annat sätt att beskriva metoden som ett komplement till den beskrivning som finns i SIKAs rapport²⁵. Beräkningen av marginalkostnad görs i fem steg.

1. Vi beskriver först den genomsnittliga fördelningen i bullernivån för en utsatt person (≥ 51 dBA) baserat på antalet bullerstörda i Sverige (enligt figur 3 ovan). Det innebär att vi kan räkna ut den genomsnittliga bullerkostnaden för en störd genomsnittsperson (≥ 51 dB(A)) (118€/person och år - se bilaga 1).
2. Därefter höjer vi bullernivån 1 dBA vilket förskjuter hela fördelningen och den genomsnittliga bullerkostnaden för en störd person stiger (till 125€/person och år). Det innebär att en ökning i varje bullerclass med en dBA höjer kostnaden för den genomsnittligt utsatte (≥ 51 dB(A)) med 7.1 € per person och år. Detta är en effekt av en förändring i fördelningen.

²⁴ Källa: baserat på SIKA rapport 'Trafikens externa effekter' 2002 sidan 53.

²⁵ SIKA rapport 'Trafikens externa effekter' 2002

3. I ett tredje steg beräknar vi antalet (genomsnittligt) utsatt per kilometer väg och förändringen i dessa. Det implicita basantagandet i SIKAs rapport framgår av tabellen nedan där vi enbart studerar bullerstörda över eller lika med 51 dB(A). När bullret höjs flyttas alla inom intervallet 50 dBA upp en nivå vilket innebär att antalet störda (≥ 51 dB(A)) stiger med ca 14% (390000st) och därmed ökar antalet störda per km.
4. Genom att anta samma fördelning av de utsatta i de olika miljöerna kan vi beräkna bullerkostnaden per år och km väg för en ökning med en dB(A). Det uppkommer då två effekter. Dels medför den nya fördelningen att kostnaden ökar för de befintligt störda med 7.1 €/person och år. Dels tillkommer ett antal nya störda till en kostnad av 125 €/person och år. Summan av dessa effekter redovisas i den sista kolumnen.

Tabell 1: Kostnadsökning vid en bullerökning på en dB(A)

Miljö	A.		C.	D.	E.	F.
	Antal störda per km väg	Antal störda per km väg efter höjning	(C=B-A) Ökning i antal störda per km	(D=A*7.1 €/år) Ökad kostnad för de befintliga (€/år)	(E=C*125 €/år) Kostnad för de nyttillkomna (€/år)	(F=D+E) Total kostnad ökning per km väg (€/år)
landsbygd	5.85	6.65	0.81	41.7	101.1	143
tätort gles	37.39	42.55	5.16	266.9	646.5	913
tätort mellan	59.00	67.14	8.14	421.2	1020.2	1441
tätort tät	88.00	100.14	12.14	628.2	1521.6	2150

5. I ett femte steg beskriver vi vad detta innebär för ett fordon. Marginaleffekten har beskrivits i figur 1 ovan. På en väg med 1100 ÅDT ökar bullret av ytterligare ett fordon under en dag med 0.0000541 dBA vilket innebär att årskostnaden på landsbygd ökar med 0.00077 €/fkm (=0.0000541*143; dvs 0.0075 kr/fkm). Detta trafikflöde används av Vägverket på landsbygd och i gles tätort (0.49 €cent/fkm). När tätorten tätnar ökar det antagna flödet, och därmed sjunker marginalbullret samtidigt som kostnaden per dB(A) ökar. I mellanstora tätorter blir kostnaden 0.57 €cent/fkm och i täta tätorter 0.71 €cent/fkm enligt Vägverkets ansats.

Tabell 2: Bullerstörda per fordonskilometer

Miljö	Bullerkostnad per år och km för en dBA	Antaget trafikflöde ÅDT	Marginalbuller	Marginalkostnad €cent/fkm
landsbygd	143 €	1100	0.0000541	0.077
tätort gles	913 €	1100	0.0000541	0.494
tätort mellan	1441 €	1500	0.0000397	0.572
tätort tät	2150 €	1800	0.0000331	0.711

3 Effektkedjemetoden²⁶

Kärnan i vad som oftast kallas ExterneE är en så kallad effektkedjemetod. Det innebär att man söker slå sönder orsakskedjan i samband med (främst) miljöskador från aktiviteten och emissioner via spridning och exponering till fysisk skada och förändringar i välfärd vilken värderas. Metoden finns beskriven i Friedrich et.al. 2002. I Schmid et.al. (2002) används metoden för att beräkna de externa bullerkostnaderna för några typfall i Tyskland. Eftersom vi ännu inte har några beräkningar med metoden på svenska data presenterar vi här de tyska fallstudierna för att kunna diskutera likheter och skillnader i ansatserna i kommande avsnitt (avsnitt 4). Följande text baseras på Schmid et.al. (2002), de bakomliggande referenserna samt arbetsmaterial till UNITE projektet.

3.1 Buller exponering och bullermått

Bullermodellen i Schmid baseras på den tyska 'semi-empiriska' standardmodellen RLS90 för vägtrafik. Modeller finns också för järnvägstrafik. Vi har inte analyserat dessa modeller eller dess marginalegenskaper.

Tre typer av mått används beroende på tidpunkten för bullret (dag, natt, kväll) samt ett aggregerat mått (L_{DEN}). Bullermåtten är definierade i EU (2000). De tidsberoende måtten (L_{DAY} , L_{NIGHT} , $L_{EVENING}$) är definierade som den 'A-vägda ekvivalenta kontinuerliga ljudtrycksnivån' och är 'fastställda över ett års samtliga (dags(natt/kvälls)perioder'. Bullret uttrycks som fasadbuller utan reflektioner. Standardintervallen är 07.00 – 19.00 för dag, 19.00 – 23.00 för kväll och 23.00 – 07.00 för natt. Det aggregerade måttet beräknas enligt (2);

$$(2) \quad L_{den} = 10 \lg \frac{1}{24} \left(12 * 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_{evening} + 5}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_{night} + 10}{10}} \right)$$

3.2 Störning och värdering

Trogen effektkedjemetoden etableras ett antal exponerings-respons (E-R) samband. Bakgrunden till dessa samband finns redovisade i Kluzenaar et.al. (2001). Den exakta kopplingen har vi svårt att finna. Följande grupper av ändpunkter har nyttjats;

- i. Myocardial infarction (fatal, non-fatal) (Hjärtinfarkt)
- ii. Angina pectoris (Hjärtkramp)
- iii. Hypertension (Högt blodtryck)

²⁶ Impact Pathway Approach - IPA

- iv. Subjective sleep quality (Subjektiv sömn kvalitet).
- v. Trivsel effekter

För stressrelaterade effekter (i-iii) använder man åtta olika typer av ändpunkter. Samma funktioner används både för järnväg och för vägbuller. För sömnstörningar (iv) använder man olika E-R samband för väg respektive järnväg. För trivsel effekter (v) fann man, trots att E-R samband fanns, inte någon användbar värdering utan för dessa problem tillämpades en hedonisk ansats vilken ger ett direkt samband mellan buller och värdering.

Tabell 3: E-R samband för stress relaterade effekter och sömnstörningar.

	Ändpunkt	Per tusen vuxna exponerade ^{D)}
M1	Dödlig hjärtinfarkt ^{A)} , YOLL	0.084* L_{DEN} - 5.25
M2	Ej dödlig hjärtinfarkt, dagar på sjukhus	0.504* L_{DEN} -31.5
M3	D:o, dagar ej arbetsförd	8.960 L_{DEN} -56
M4	D:o, förväntat antal sjukdomsfall	0.028 L_{DEN} -1.75
A1	Hjärtkramp ^{B)} , dagar på sjukhus	0.168 L_{DEN} -10.5
A2	D:o, dagar ej arbetsförd	0.684 L_{DEN} -42.75
A3	D:o, förväntat antal sjukdomsfall	0.240 L_{DEN} -15
H	Högt blodtryck, dagar på sjukhus	0.063 L_{DEN} -4.5
Sv	Sömnstörning, väg ^{C)}	0.62($L_{A23-07h}$ - 43.2)
Sj	Sömnstörning, järnväg ^{C)}	0.32 ($L_{A23-07h}$ - 40.0)

Not: A) eng. myocard infarction, YOLL = years of life lost
 B) Angina pectoris
 D) För L_{DEN} över 70 dBA utom för C) där gränsvärdet är 43.2 respektive 40.0 dBA

Tabellen nedan sammanfattar effekten per tusen exponerade där vi utgår från L_{DEN} på 70 dB(A). För sömnstörningar utgår vi från L_{NIGHT} 43.2 dB(A). För högt blodtryck ger funktionen negativt värde vid buller kring 70 dB(A).

Tabell 4: Effekter per tusen vuxna exponerade

L _{DEN}	M1	M2	M3	M4	A1	A2	A3	H	L _{natt}	Sv	Sj
<i>dB(A)</i>	<i>Dagar</i> <i>YOLL</i>	<i>Dagar</i> <i>på sjukh</i>	<i>Dagar</i> <i>ej</i> <i>arbete</i>	<i>Antal</i> <i>sjukfall</i>	<i>Dagar</i> <i>på sjukh</i>	<i>Dagar</i> <i>ej</i> <i>arbete</i>	<i>Antal</i> <i>sjukfall</i>	<i>Dagar</i> <i>på sjukh</i>	<i>dB(A)</i>	<i>Sömn</i> <i>störning</i>	<i>Sömn</i> <i>störning</i>
70	0.6	3.8	571.2	0.2	1.3	5.1	1.8	-0.1	43.2	0.0	1.0
71	0.7	4.3	580.2	0.2	1.4	5.8	2.0	0.0	44.2	0.6	1.3
72	0.8	4.8	589.1	0.3	1.6	6.5	2.3	0.0	45.2	1.2	1.7
73	0.9	5.3	598.1	0.3	1.8	7.2	2.5	0.1	46.2	1.9	2.0
74	1.0	5.8	607.0	0.3	1.9	7.9	2.8	0.2	47.2	2.5	2.3
75	1.1	6.3	616.0	0.4	2.1	8.6	3.0	0.2	48.2	3.1	2.6
76	1.1	6.8	625.0	0.4	2.3	9.2	3.2	0.3	49.2	3.7	2.9
77	1.2	7.3	633.9	0.4	2.4	9.9	3.5	0.4	50.2	4.3	3.3
78	1.3	7.8	642.9	0.4	2.6	10.6	3.7	0.4	51.2	5.0	3.6
79	1.4	8.3	651.8	0.5	2.8	11.3	4.0	0.5	52.2	5.6	3.9
80	1.5	8.8	660.8	0.5	2.9	12.0	4.2	0.5	53.2	6.2	4.2
81	1.6	9.3	669.8	0.5	3.1	12.7	4.4	0.6	54.2	6.8	4.5
82	1.6	9.8	678.7	0.5	3.3	13.3	4.7	0.7	55.2	7.4	4.9
83	1.7	10.3	687.7	0.6	3.4	14.0	4.9	0.7	56.2	8.1	5.2

Värderingen av bullerskadorna består av tre komponenter, i) resurskostnader i form av läkarvård, ii) alternativkostnader i form av produktionsbortfall och iii) minskad välfärd i övrigt. Värderingarna härstammar från ett paper av Metroeconomica (2001).

Kostnaderna för läkarvård baseras på offentlig vård i 7 europeiska länder (ej Sverige) och uttrycks som faktorkostnader. Dessa kostnader anpassas därefter till enskilda länder. För svenskt vidkommande innebär det en kostnad på 34 € för sjukhusbesök och 312 € per dag²⁷ för inlagda på sjukhus. För hjärtmedicin används en uppräkningsfaktor på sjukvårdskostnaderna med 1,92. Kostnaden för sjukfrånvaro baseras på en engelsk studie. Den direkta kostnaden (lönen) uppskattas till 85€ per dag och en indirekt kostnad kopplad till försämrad produktkvalitet uppskattas till 168€. Den senare kostnadskomponenten används enbart som en högre skattning²⁸. De engelska resultaten skalas sedan till andra länder beroende på skillnader i medellön. Den svenska lönen är 1% högre än den i England varför vi redovisar de engelska orginalsiffrorna här.

Riskvärderingen som används baseras på vägtrafikolyckor (1.5 M€) men räknas upp med en kontext faktor på 2, dvs. värdet 3 M€ används. Med 7 förlorade

²⁷ Motsvarande siffror för Tyskland är 23€ och 303€.

²⁸ Det finns även en lägre skattning på 58€ per dag som baseras på medellönen enligt EUROSTAT.

levnadsår finner man en värdering på 96.500 € per förlorat år. Justerat till svenska värden innebär det 98.650 €²⁹.

Baserat på dessa grundläggande kostnadskomponenter beräknas med information om antalet dagar på sjukhus, bortovaro från jobbet etc. kostnaden för de olika sjukdomsfallen.

För trivseffekterna används en hedonisk metod som kopplar värdering av bullerstörningen till månatliga hyreskostnader (istället för det mer vanliga huspriser). Sambandet som används kommer från Soguel (1994) och sätter NSDI (noise sensitivity depreciation index³⁰) till 0.9. vilket leder till 16 €/dBA (med en tysk bostadskostnad om 1791 € per person och år).

Schmid et al. redovisar samlat följande värderingar för Tyskland. YOLL är ca 20% lägre i Schmid et al. än i *Metroeconomica* vilket skulle kunna vara en justering från konsumentvärdering till faktorkostnader. En översiktlig granskning säger att de svenska värderingarna borde hamna på ungefär samma nivå som de tyska.

Tabell 5: Tyska värderingar enligt Schmid et al.

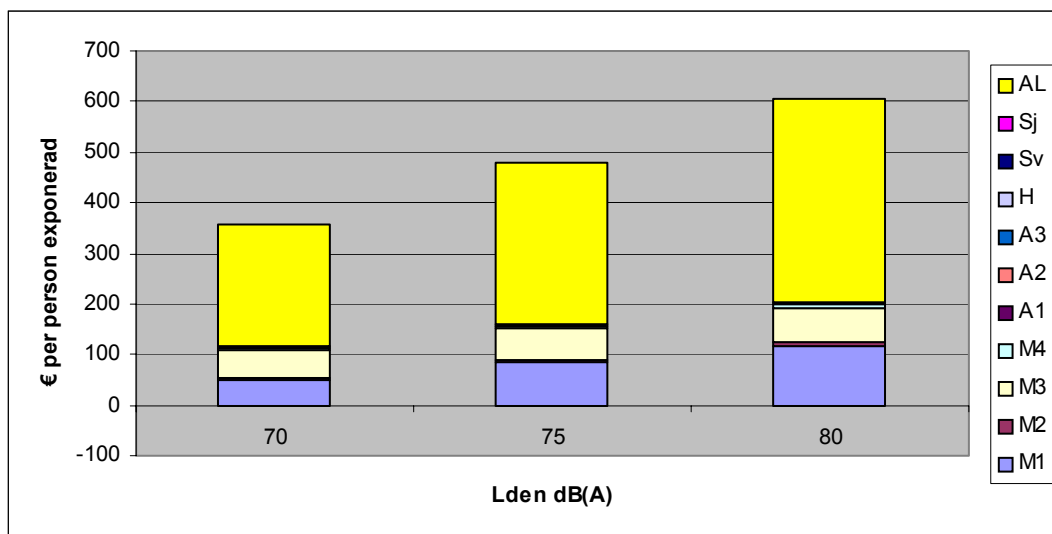
Ändpunkt	Värdering (€)	Enhet
Dödlig hjärtinfarkt ^{A)} , YOLL	80600	Per YOLL
Ej dödlig hjärtinfarkt, dagar på sjukhus	680	Per dag
D:o, dagar ej arbetsförd	100	Per dag
D:o, förväntat antal sjukdomsfall	14360	Per fall
Hjärtkramp ^{B)} , dagar på sjukhus	680	Per dag
D:o, dagar ej arbetsförd	100	Per dag
D:o, förväntat antal sjukdomsfall	230	Per fall
Högt blodtryck, dagar på sjukhus	350	Per dag
Sömnstörning, väg ^{C)}	220	Per år
Sömnstörning, järnväg ^{C)}	370	Per år
Trivsel	16	Per dBA över 55 dBA

I figuren nedan redovisar vi värderingen i € per år per exponerad person. Vi antar där att nattbullret är lägre (utan grund) i enlighet med tabell 4 ovan. Det är uppenbart att det är två effekter som dominerar, dels hjärtinfarkter i form av förlorade levnadsår (M1) och kostnader för frånvaro från arbetet vid icke dödliga hjärtinfarkter (M3) och dels 'trivseffekter' (AL). Det senare är något oroande eftersom underlaget för detta verkar osäkert även om det påstås ligga i ett undre intervall.

²⁹ Den tyska värderingen är 104.130€

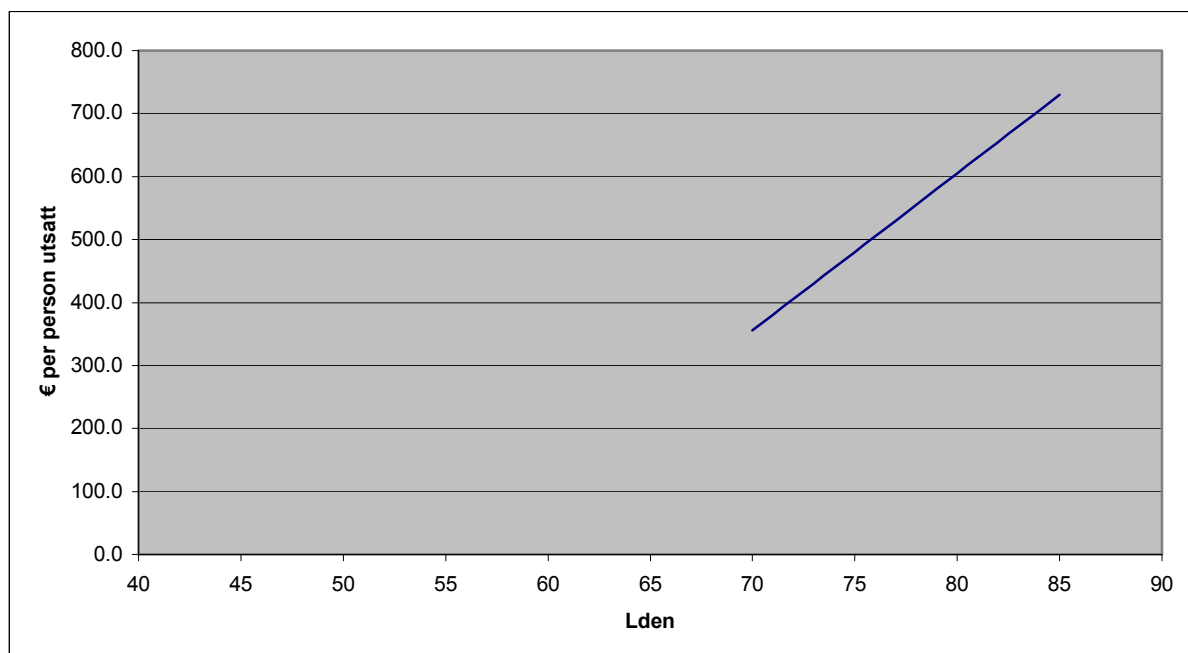
³⁰ Definierade som 'percentage change in the logarithm of house price arising from a unit increase in noise'

Figur 4: Kostnad (€ per år) för bullerstörda i Tyskland (beräknat enligt tabellerna ovan) (faktorpriser).



Som ses av E-R funktionerna är de samtliga linjära men är giltiga från olika bullernivåer. Även om summan av de inte behöver bli linjär är ökningen i bullerkostnad per dB(A) konstant 24.9 €/dB(A) i intervallet 70 dB(A) L_{DEN} till 85 dB(A) L_{DEN} .

Figur 5: Bullerkostnad per utsatt och år (€/år).



Eftersom funktionen är linjär är kostnadsökning för en dB(A) densamma i alla bullerintervall. Vi behöver då inte vikta med exponeringen i varje intervall som

gjordes med de svenska funktionerna utan kan nöja oss med förändringen i kostnadsfunktionen, dvs. 24.9 €/dB(A) och exponerad.

3.3 Marginalkostnader

Baserat på dessa modellsteg genomförs marginalkostnadsberäkningar på fyra olika ställen i Tyskland. Fallet 'Vaih' utgörs av 2-3 våningsbyggnader vid trottoarkanten belägen vid en 2-fältsväg. Fallet 'Stuttgart' avser 5-7 våningsbyggnader vid trottoarkanten vid en 4-fältsväg. Och i fallet Berlin avses en 6-fältsväg med separata körbanor, 5-7 våningshus 6-20 meter från körbanan. Slutligen analyseras en motorväg passerande bebyggelse på landsbygden.

Tabell 6: Marginalkostnader € cent/vkm

	Personbil	Lätt lastbil	Tung lastbil	Buss	Motorcykel
Urbant fall Vaih	0.3	2.7	9.1	2.1	1.7
Urbant fall Stuttgart	1.5	7.5	25.8	6.0	9.0
Urbant fall Berlin	0.4	2.3	7.6	2.0	2.7
Landsbygds fall MV	0.1	0.9	3.0	0.7	0.7

Exemplet i den svenska modellen visade en marginell bullerkostnad på 0.077 €cent/vkm i landsbygd, 0.49 i gles tätort, 0.57 i mellanstora och 0.71 i tät tätort. Värderingarna i tabell 6 är troligen uttryckta i faktorpriser medan de svenska är i konsumentpriser vilka borde ligga ca 20% högre.

4 Diskussion

Denna PM har presenterat en genomgång av dels den svenska metodiken såsom SIKA och Vägverket presenterat den marginella bullerkostnaden och dels effektkedjemetoden. Vi har sökt presentera SIKA/Vv's metodik på ett annorlunda sätt för att klargöra hur metodiken fungerar. Det tycks som om modellen med små arbetsinsatser skulle kunna gå att färdigställa.

För att kunna se alla steg i de tyska fallstudierna krävs mer information än vad vi har haft tillgängliga. Vi har dock sammanfattat de huvudsakliga stegen i denna PM.

Nedan diskuterar vi de olika stegen i de båda ansatserna och reser ett antal frågor. Vidare skissar vi på deluppgifter som man, om man ska studera bullerkostnaderna vidare, skulle kunna genomföra.

4.1 Bullermått och bulleremissioner

I Sverige används ett bullermått som skiljer sig från vad som används i den tyska tillämpningen av effektkedjeansatsen och som föreslås bli gällande inom Europeiska Unionen. Svensk praxis är att använda dygnsmedelnivå under sommarförhållanden med neutrala utbredningsförhållanden.

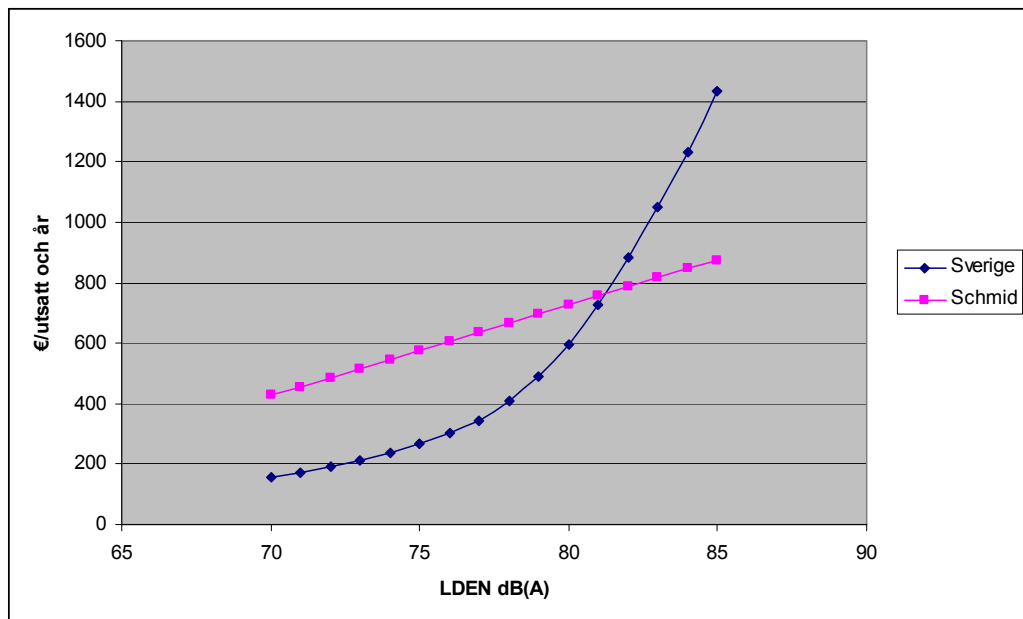
Gustafson och Jonasson (2001) har gjort en jämförelse av de svenska måtten och de som används i effektkedjemetoden (dvs. ekvation 2). Om Sverige skulle gå över från dygnsmedelnivå till L_{DEN} tillkommer ett antal faktorer som generellt sett kommer att ge en högre bullernivå (mätt i L_{DEN} istället för i dygnsmedelnivå). Genom att ta hänsyn till dygnsfördelningen stiger bullernivån med 2.7 dB till 4.6 dB. Dubbdäck och inkludering av våta vägbanor skulle också höja nivån något (-1.3 dB till 2.1 dB för dubbdäck och 0 - 1.3 dB för våta vägbanor). Dessa höjningar bedöms vara konstanta varför en generell ändring kan genomföras. Mer problematiskt blir det att inkludera väderlek som kan höja nivån med upp till 12 dB och att ändra mottagarhöjden från 2 m till 4m vilket ökar nivån med 0 – 7 dB. Att konvertera maximalnivåerna i svensk praxis till L_{night} verkar inte vara möjligt.

Det borde finnas mer verklighetsnära bullermodeller som skulle kunna användas än den som redovisas som ekvation (1) i den svenska modellen. Antagandet att marginalfordonet bullrar 0.5 av genomsnittsfordonet är oklart och har också ifrågasatts av Sandberg (2001). Vi har inte granskat den underliggande tyska modellen.

Som ett särskilt arbete borde man kunna låta bullerexperter prova befintliga bullermodeller för att beräkna marginalbuller i ett antal svenska miljöer där man har exponeringsdata.

4.2 Bullervärderingar

Progressiviteten i den svenska bullervärderingen är stark och skiljer sig från formen på den värderingsmodell som använts i effektkedjemodellen. Vi har inte granskat bakgrundsmaterialet till de nu använda ASEK värderingarna utan konstaterar bara att skillnaden är stor. Baserat på jämförelsen mellan det svenska bullermåttet och L_{DEN} ovan ökar vi det svenska måttet med 10 dB(A) och beskriver värderingarna i relation till L_{DEN} i figuren nedan. Vi har justerat upp värderingarna för Schmid et.al. med 20% för att uttrycka dessa i konsumentpriser.



Figur 6: Jämförelse mellan svenska bullervärderingar och värderingar i effektkedjemetoden (konsumentpriser)

Den slående skillnaden är de olika funktionsformerna, den svenska är kraftigt progressiv medan den tyska är linjär. Däremot visar det sig att margineffekterna trots allt är likartade när den svenska funktionen viktas med andelen störda i varje bullerintervall. De svenska värderingarna stiger med mellan 13€/dB(A) och 200 €/dB(A). Den viktade (med andelen utsatta) ökning ligger kring 21 €/dB(A) vilket är nära den tyska modellen som har en konstant margineffekt på 24.9 €/dB(A) (faktorpriser).

Naverud (2002) har genomfört en värdefull state-of-the art genomgång för EU kommissionen som bör kunna ställas mot de båda värderingsprinciperna redovisade i denna PM.

Det är slående att den osäkra värderingen för trivsel är det som slår igenom i den tyska värderingen trots allt detaljerad effektkedjearbete. Trivselvärderingen baseras liksom den svenska på en direkt värdering av bullerstörningen.

Att se över bullervärderingen borde vara väsentligt men ligger snarare inom ramen för ASEK.

4.3 Exponeringen

I den svenska modellen utgår man från ett genomsnitt av exponerade för ekvivalentnivå utomhus ≥ 50 dBA. I Odebrant (2002) redovisas en ny svensk bullerinventering som är mer detaljerad. Samtidigt innebär en eventuell övergång till L_{DEN} måttet att även exponeringsdata behöver justeras.

Odebrant (2002) redovisar fördelningar i olika miljöer fast i grövre bullerklasser (se tabellen nedan) där vi ser att Stockholmsinventering och gruppen av större tätorter skiljer sig mycket från den av Vägverket använda nationella fördelningen.

Tabell 7: Fördelningen av bullerstörda, Vägverket respektive Odebrant (2002).

	56-60	61-65	66-70	>70	Totalt
Vägverket	55%	32%	11%	2%	100%
Stockholm	50%	22%	25%	2%	100%
Göteborg	49%	33%	17%	2%	100%
Malmö	50%	34%	13%	2%	100%
Förorterna	52%	35%	12%	1%	100%
Tätorter 50-125	49%	31%	17%	3%	100%
Tätorter 10-50	52%	31%	16%	1%	100%
Tätorter 0.5 - 10	57%	32%	10%	1%	100%
Lansbygd samt små tätorter	56%	29%	14%	1%	100%

4.4 Marginalkostnader

I den svenska modellen antar man att en ökning med en dB(A) medför två effekter. Dels förskjuts fördelningen i bullerintervallen vilket innebär att värderingen per utsatt (≥ 51 dBA) ökar med 7.1 € per person och år. Samtidigt ökar antalet utsatta (51dB(A)) med ca 14%. Med ett antagande om antalet utsatta per km väg i olika miljöer kan man beräkna vad dessa båda effekter ger i kostnadsökning för en dB(A) per km. Därefter beräknas den ökning i dB(A) som uppkommer av ett fordon som kör en km. Samma fördelningsfunktion används för alla miljöer.

Att genomskåda den tyska metodiken är svårare utifrån det material vi har tillgängligt eftersom det är faktiska fallstudier och inte räkneexempel. Beräkningsgången är dock likartad. Marginalbullret (troligtvis) beräknas med bullermodeller. Marginalbullret sätts in i E-R funktionerna vilket ger en ökad kostnad för de utsatta. Men samtidigt borde antalet utsatta öka på samma sätt som

i den svenska modellen, vilket är oklart hur det beaktats. I de tyska studierna redovisas också effekter för olika fordonstyper. Kostnaderna är uttryckta i faktorkostnader.

Resultaten är förvånansvärt lika vilket troligen är mer av en slump än en samstämmighet i metodik. De tyska fallstudierna tycks vara i miljöer där vi kan förvänta oss fler störda per km än de svenska genomsnitten samtidigt som vi kan förvänta oss fler fordon. Den första effekten drar upp kostnaden medan den senare drar ned marginalkostnaden.

Referenser

- Arbeitsausschuss Immissionschutz an Strassen (1990) ‚Richtlinie für den Lärmschutz an Strassen – Ausgabe 1990 – RLS-90‘, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Bonn.
- Europeiska Unionen (2000), ‚Europaparlamentets och rådets direktiv om bedömning och hantering av omgivningsbuller. PE-CONS 3611/02 , Bryssel 8 april 2002.
- Friedrich et.al. (2002)
- Gustafson, A. Och H. Jonasson (2001): Konsekvenser av övergång från dygnsmedelvärden till dag/kväll/nattvägda årsmedelvärden för vägtrafikbuller, SP Rapport 2001:08, Borås.
- Kluzenaar et.al. (2001), Adverse effects of noise exposure on health – a state of the art summary’ TNO-rapport 2001.171.
- Metroeconomica (2001), Monetary valuation of noise effects (draft final report)’ 2001-05-09.
- Naverud, S. (2002), The State-of-the-art on economic valuation of noise’, Final report to European Commission DG Environment, 2002-04-14.
- Odebrant, T. (2002) ‚Nationella miljöövervakningen år 2000‘, Ingemansson Technology AB, PM 2002-04-18.
- Sandberg, U (2001), Internalisering av kostnader för bulleremission från vägfordon – second opinion beträffande utredning från Vägverket, egna beräkningar samt övriga synpunkter’ VTI 2002-11-05.
- Schmid, S and R. Friedrich. (2002), ‘External costs of transport noise – a bottom-up approach’, University of Stuttgart.
- SIKA Rapport 2001:7 Trafikens externa effekter
- Vägverket (2002), Marginalkostnader inom vägtransportsektorn- Underlagsmaterial från Vägverket till SIKAs slutrapport gällande projektet ”Översyn av förutsättningar för marginalkostnadsprissättning inom transportsektorn’. 2000-12-20.

Bilaga 1

dBA	Kostnad per person och år Andel utsatta >50 dB(A)			€ per utsatt	
	€/år	ldag	+1 dB(A)	ldag	+1 dB(A)
51	13.4	0.126	0.121	1.7	1.6
52	26.8	0.113	0.110	3.0	3.0
53	41.2	0.101	0.100	4.2	4.1
54	55.7	0.088	0.089	4.9	4.9
55	71.1	0.076	0.078	5.4	5.5
56	86.6	0.065	0.067	5.7	5.8
57	102.1	0.058	0.058	5.9	5.9
58	118.6	0.051	0.051	6.0	6.0
59	136.1	0.045	0.045	6.2	6.1
60	154.6	0.040	0.040	6.2	6.2
61	173.2	0.036	0.035	6.3	6.1
62	192.8	0.033	0.032	6.4	6.2
63	214.4	0.030	0.029	6.5	6.3
64	239.2	0.028	0.027	6.6	6.4
65	267.0	0.025	0.024	6.6	6.5
66	301.0	0.022	0.022	6.6	6.6
67	345.4	0.018	0.019	6.4	6.7
68	407.2	0.015	0.016	6.1	6.6
69	490.7	0.011	0.013	5.6	6.4
70	597.9	0.008	0.010	4.7	5.9
71	728.9	0.005	0.007	3.6	5.0
72	881.4	0.003	0.004	2.5	3.8
73	1051.5	0.001	0.002	1.1	2.6
74	1232.0	0.000	0.001	0.0	1.1
75	1432.0	0.000	0.000	0.0	0.0
SUMMA		1.000	1.000	118.2	125.3
DELTA					7.1

Bilaga 4

Nya bedömningar av den marginella elproduktionens sammansättning och den samhällsekonomiska marginalkostnaden av förändrad efterfrågan på elektricitet i de nordiska länderna

Per Kågeson, Nature Associates
December 2002

Denna pm utgör ett komplement till promemorian ”Samhällsekonomiska kalkylvärden för elektricitet som används inom transportsektorn samt frågan om hur effekterna av järnvägens elförbrukning bör internaliseras” (Nature Associates 2002-03-20 på uppdrag av SIKA) och baseras huvudsakligen på två nya studier:

- ECON, ”Marginal elproduktion och CO₂-utsläpp i Sverige”, Energimyndigheten ER 14:2002.
- ECON Senter for økonomisk analyse, ”Beregning av miljøkostnader ved transport”, Utarbeidet for Vegdirektoratet, Jernbaneverket, Kystdirektoratet och Luftfartsverket. ECON-rapport nr 81/01, Oslo, November 2001.

Studierna är utarbetade vid ECON:s kontor i Stockholm respektive Oslo. Inga korsreferenser förekommer mellan studierna, varför det förefaller troligt att författarna inte har samarbetat i denna fråga.

1. Marginal elproduktion och CO₂-utsläpp i Sverige

Den svenska studien har utförts på uppdrag av Energimyndigheten. Syftet har varit att fastställa vilken elproduktion som under de senaste åren använts för att täcka marginella behov samt att diskutera hur marginalelektriciteten kan komma att produceras i framtiden.

Författarnas analys av situationen under de senaste 5-6 åren visar att variationer i tillgången på vattenkraft lett till anpassningar i grannländernas kolkondenskraftverk. För att täcka underskottet har produktion främst ägt rum i danska anläggningar men även i finska och svenska kondenskraftverk. Även handeln med Tyskland och Polen anpassas till tillgången på vattenkraft. Handeln med Ryssland har inte varierat lika mycket. Rapportens slutsats är att *”det i första hand är kondensproduktionen på Jylland och i andra hand Själland, Finland eller Tyskland som har producerat marginalet för kraftmarknaden under analysperioden”*.

Gaskraft anges som den billigaste teknologin för att täcka efterfrågan som inte kan tillgodoses med dagens produktionsapparat. Utbyggnaden förväntas ske i Norge därför att gaspriset är lägre där än i övriga Norden. Överföringskapaciteten är i de flesta situationer tillräcklig för att det ska vara mera lönsamt för de övriga länderna att importera el från Norge än att bygga egna gaskraftverk. Norsk gaskraft är således den kapacitet som först blir lönsam att bygga ut när priserna stiger.

ECON noterar emellertid att införande av gröna certifikat innebärande att en viss andel (t.ex. 15%) av förbrukningsökningen i Sverige alltid ska täckas av förnybar el utgör ett undantag från regeln om att gaskraft på längre sikt utgör det marginella produktionssättet.

Vilket kraftslag som vid framtida efterfrågeförändringar tas i bruk beror på vilket som har lägst rörlig kostnad. Författarna anser att detta medför att det på kort sikt kommer att fortsätta att vara kolkraft som produceras på marginalen. Införande av koldioxidavgifter i Danmark (som komplement till intern handel med utsläppsrätter) kan, enligt författarna, fördyra kolkondenskraften så mycket att kol- och gaskraft "byter plats" i merit order kurvan. Med en CO₂-avgift på DDK 100/ton fördyras gaskombikondenskraften med 4.4 öre/kWh, medan kolkondenskraften blir 8-11.2 öre dyrare per kWh att producera.

2. Beräkning av miljökostnader ved transport

Den norska rapporten har skrivits på uppdrag av de fyra statliga transportverken. Avsikten har varit att utveckla en gemensam modell för internalisering av trafikens samhällsliga marginalkostnader, alltså en norsk motsvarighet till det svenska arbetet inom ASEK (SIKA, 2002). Den norska rapporten behandlar buller, avgasemissioner och koldioxid.

Rapporten konstaterar att dagens norska CO₂-avgifter varierar mellan NOK 100 och 311 per ton. Den genomsnittliga avgiften för dem som betalar är NOK 256. En tidigare rapport (SFT, 2001) föreslog mot denna bakgrund att NOK 300 borde användas som CO₂-värdering. I en rapport av ECON (2002) sattes värdet till NOK 130 med NOK 70 och NOK 200 som en låg respektive hög värdering. Värderingen baserades på analys av en rad studier av kostnaden för att klara Kyotoprotokollet. I den nu föreliggande studien menar emellertid ECON, med referens till en beräkning av Hagem och Holtsmark (2001), att jämviktspriset vid handel med utsläppsrätter på en marknad där USA inte deltar kommer att reduceras från USD 15 till USD 5 per ton CO₂. Den senare siffran motsvaras av NOK 45 per ton. ECON menar att den norska värderingen bör utgå från priset på koldioxidrättigheterna. Att välja en värdering som överstiger kvotpriset är enligt ECON, inte konsistent och skulle vara ett argument för att Norge borde ha påtagit sig strängare förpliktelser i Kyotoprotokollet än vad man faktiskt gjort.

Den norska rapporten diskuterar frågan om elektriskt framdrivna tåg bör belastas med CO₂-kostnader. Författarna konstaterar att den marginella kraftproduktionen för Norges del huvudsakligen sker i danska kolkraftverk. Sådan produktion är f.n. belagd med en avgift om DDK 40 per ton CO₂ i den utsträckning produktionen överstiger de kvoter som kraftverken fått sig tilldelade gratis av den danska staten. ECON menar att de nuvarande kvoterna räcker till en nettoexport i storleksordningen 1-4 TWh per år, medan exporten under ett normalår överstiger 10 TWh. Efter 2003 kommer de avgiftsfria kvoterna att minska.

ECON menar att det är svårt att överblicka effekterna av det nya danska systemet. Avgifterna kan leda till att dansk kolkraft på marginalen blir dyrare än kondenskraft som produceras i andra grannländer för export till Norge. Importen från Sverige, Finland, Polen och Tyskland belastas inte av någon motsvarande CO₂-avgift.

ECON:s slutsats blir att det skulle kunna vara aktuellt att påföra elanvändningen en koldioxidkostnad utöver den som täcks av den danska avgiften och att tillägget i så fall bör falla inom intervallet 0-4 norska öre per kWh. Förhållandet att en del av importen är föremål för den danska avgiften kan, enligt ECON, tala för att påslaget bör ligga i den nedre delen av intervallet. På grund av osäkerheten om hur stor del av importen som är föremål för CO₂-avgift anser ECON att Jernbaneverket tills vidare bör avstå från att påföra järnvägstrafiken någon avgift. Denna rekommendation bör emellertid, enligt ECON, omvärderas så snart säkrare underlag finnes.

3. Analys och kommentarer

Den marginella kraftproduktionen

Båda ECON-rapporterna betecknar kolkondens som det marginella produktionsslaget i det nordiska kraftsystemet. Det gör också den svenska regeringen i den tredje svenska nationalrapporten till FN:s klimatkonvention som dock utöver kolkondensfallet anser att utfallet även bör beräknas för ett alternativ där framtida marginalel istället produceras i nya gaskombikondenskraftverk i Sverige eller utomlands (Miljödepartementet 2001). Även Vennemo och Halseth (2001) kom till slutsatsen att kortsiktiga variationer i efterfrågan på el i Norge påverkar produktionen i koleldade kraftverk. Werner (2001) anser att ett skifte till naturgas kan inledas inom 10-30 år och slutföras inom 20-40 år.

Grön el och gröna certifikat

Att frågan om grön el – med undantag för gröna certifikat - inte diskuteras i den svenska rapporten är begripligt, eftersom den inte behandlar marginalkostnadsansvaret. Frågan om ”grön el” tas emellertid inte heller upp i den norska rapporten. I Sverige anser Banverket och SJ att tågtrafikföretagen bör krediteras för sina inköp av ”grön el” och därför inte bör erlägga någon avgift för effekterna av sin elförbrukning. Viss försäljning av miljömärkt el, definierad enligt Svenska Naturskyddsföreningens kriterier, förekommer även i Norge. Att frågan inte tas upp i den norska rapporten kan tolkas som att ECON anser att frågan saknar relevans för en bedömning av marginalkostnadsansvaret, en slutsats som förefaller rimlig. Kåberger och Karlsson (1998) menar att ny efterfrågan som är långsiktig, t.ex. till följd av etablering av en helt ny fabrik eller järnvägslinje, bör ses som ny efterfrågan på baskraft. Därför bör den inte anses påverka den kortsiktiga marginalproduktion. De klargör emellertid inte var gränsen ska dras mot mindre förändringar i efterfrågan, t.ex. till följd av smärre produktionsförändringar. Sjödin och Grönkvist (2002) underkänner däremot tanken på att använda nationella genomsnittsvärden som ett mått på miljöeffekterna av marginella förändringar i efterfrågan på el.

Effekter av handel med utsläppsrätter

Båda ECON-rapporterna diskuterar effekter av europeisk handel med utsläppsrätter. Den svenska rapporten visar att skillnaden i koldioxidutsläpp mellan kol- och gaskraft kan leda till att kolkraftens rörliga kostnad blir så hög att den tas i anspråk först när gaskraften helt och hållet utnyttjas. Denna effekt uppkommer redan vid ett ganska lågt jämviktspris på marknaden för utsläppsrätter.

Denna aspekt kan vara värd en fördjupad analys. Tabellen visar effekten på produktionskostnaderna för gaskombikondens (58% elverkningsgrad) och kolkondenskraft (40% verkningsgrad för äldre anläggningar) av olika pris på utsläppsrätterna. Att skillnaden blir så stor beror på att stenkol ger upphov till ett utsläpp om 0.33 kg CO₂ per kWh tillförd energi, medan motsvarande utsläpp från förbränning av naturgas bara uppgår till 0.20 kg.

Kostnad för utsläppsrätter för kraftproduktion vid olika jämviktspriser för CO₂.

Jämviktspris	Kostnadsökning Euro cent per kWh el		Skillnad till fördel för gaskombikondens
	Gaskombikondens	Kolkondens	
5 Euro/ton CO ₂	0.18	0.42	0.24
10 Euro/ton CO ₂	0.35	0.83	0.48
20 Euro/ton CO ₂	0.70	1.66	0.96
30 Euro/ton CO ₂	1.05	2.49	1.44

Redan vid ett utsläppspris på 20 Euro per ton kommer, som framgår av tabellen, den tillkommande kostnaden för kolkraften att uppgå till 1.66 Euro cent per kWh (15.1 öre vid kursen 9.1) och merkostnaden i förhållande till gaskraft till 0.96 Euro cent (8.7 öre).

Det är emellertid inte säkert att kraftbolagen kan övervältra hela kostnaden för inköpen av rättigheterna på sina kunder. Det är också oklart i vilken omfattning som kraftbolagen kan komma att tilldelas gratisrättigheter baserat på historisk produktion (grandfathering). Enligt EU:s av Rådet antagna direktiv om handel med utsläppsrätter ska EU Kommissionen innan utgången av 2003 lämna närmare anvisningar om hur direktivet ska tolkas när det gäller allokering av rättigheter. Om kraftindustrin, som direktivet föreskriver, får gratisrättigheter kommer deras kostnader att hållas tillbaka. De måste dock se till att få täckning för sina marginella kostnader. Om detta leder till att priset på all kraft höjs med vad som motsvarar kostnaden för att förvärva de marginella utsläppsrätterna, kommer kraftindustrins vinstmarginaler att förbättras högst påtagligt. Till följd av detta kommer konkurrensutsatta företag med hög elkostnadsandel att få kraftigt ökade kostnader.

Kommissionen räknar med att jämviktspriset på utsläppsmarknaden skulle hamna inom intervallet 20-33 Euro per ton i ett alternativ där handeln omfattar alla samhällssektorer. Hur högt priset blir i ett alternativ, som i enlighet med det nu aktuella direktivet, begränsas till energisektorn och energiintensiv industri beror

främst på hur stor andel av utrymmet som tilldelas ”handelssektorn”. Om rättigheterna därvid fördelas gratis eller försäljs på en statlig auktion spelar ingen roll.

Den norska rapporten har fel i sitt antagande om att ”hot air” från de nya medlemsländerna i Östeuropa skulle kunna pressa priset på den nu aktuella utsläppsmarknaden. Direktivet kan knappast tolkas så att ett medlemsland skulle få tilldela någon verksamhet fler rättigheter än vad som motsvarar deras faktiska utsläpp. Den östeuropeiska hetluften kan dock komma EU till del efter de berörda ländernas anslutning till unionen och utnyttjas i så fall för att klara EU25:s eller EU27:s åtagande enligt Kyotoprotokollet. De kan däremot inte utnyttjas på utsläppsmarknaden om Rådet och Europaparlamentet följer kommissionens förslag.

En annan aspekt av betydelse för en bedömning av hur utsläppshandeln påverkar den marginella elproduktionen är frågan om hur långt gaskraften räcker. På grund av lägre rörlig kostnad kommer den att tas i anspråk före kolkraften. Produktionen i de befintliga gaskraftverken kommer dock bara undantagsvis att täcka hela den del av efterfrågan som inte kan tillgodoses genom produktion i vatten- och kärnkraftverk samt kraftverk som utnyttjar biomassa eller vind. Detta är särskilt uppenbart på den tyska och polska marknaden men gäller också för den nordiska. Vid ett högt pris på utsläppsrätterna kommer det emellertid att bli lönsamt att investera i nya gaskraftverk, eftersom gaskraftens totalkostnad då blir lägre än de äldsta kolkraftverkens rörliga kostnad. Vid 7 000 produktionstimmar per år skulle det emellertid krävas ett jämviktspris som närmar sig 30 Euro per ton CO₂. För att ersätta moderna kolkraftverk (med högre verkningsgrad) krävs ett jämviktspris över 40 Euro per ton CO₂. Man bör i det sammanhanget också beakta att priset för avskiljning av koldioxid och återföring i stor skala till utvunna oljekällor eller naturliga akvifärer i framtiden kan komma att sjunka betydligt under dagens nivå (40-50 Euro/ton).

Den verkliga marginalkostnaden

Förutom att den norska rapporten anger ett osannolikt lågt kvotpris för koldioxiden (givet EU kommissionens förslag till direktiv) så utgår författarna felaktigt från att kostnaden för att förvärva dessa rättigheter avspeglar den marginella kostnaden för att uppfylla åtagandet enligt Kyotoprotokollet. De bortser från att utsläppsmålet nås vid en viss kombination av energiskatter och utsläppshandel. EU kommissionens prognos om ett pris på 20-33 Euro per ton gäller vid nuvarande beskattning av fossil energi inom EU15. Om beskattningen skärps, sjunker jämviktspriset. Om skatterna sänks, blir priset högre. Skatterna och priset på utsläppsrätterna utgör således kommunicerande kärl.

Den genomsnittliga beskattningen (exkl. mervärdesskatt) av fossil energi inom EU15 motsvarar ca 45 Euro per ton CO₂. Det innebär att den genomsnittliga kostnaden i form av skatt och utgifter för förvärv av utsläppsrätter kan komma att hamna på nivån 65-75 Euro per ton CO₂ (Kågeson, 2001). För att under etappen efter Kyoto kunna reducera utsläppen av koldioxid ytterligare måste antingen beskattningen skärpas eller ett högre pris tas ut på utsläppsmarknaden. Den

marginella åtgärdskostnaden är således summan av beskattningen och inköpspriset. Detta har relevans för frågan om hur koldioxidutsläppen inom transportsektorn ska värderas. Av de fyra transportslagen är det idag bara vägtrafiken som betalar skatt på sin förbrukning av fossil energi. Bilar och bussar betalar således redan en del av den marginella åtgärdskostnaden.

Den marginella elproduktionen ger, som de båda ECON-rapporterna visar, upphov till betydande utsläpp av koldioxid. Om stora delar av elkonsumtionen inte hade varit föremål för elskatt, skulle efterfrågan på el varit större liksom produktionen i Europas kolkraftverk. I ett läge där varken fossil energi eller el varit beskattad skulle således jämviktspriset på koldioxidmarknaden ha behövt vara högre än 65-75 Euro för att EU ska kunna klara sitt åtagande enligt Kyotoprotokollet. Genom att tågens elförbrukning är undantagen från skatt blir de totala utsläppen något högre än vad de annars skulle ha varit. Effekten på priset på utsläppsrätterna blir emellertid liten, eftersom tågens elförbrukning utgör en mycket liten del av elkonsumtionen som i sin tur svarar för ungefär en tredjedel av de europeiska utsläppen av CO₂.

Värdering av effekten av koldioxidutsläppen från ökad efterfrågan på el

En samhällsekonomisk värdering av transporternas koldioxidutsläpp har relevans dels inom kostnadsnyttoanalys av infrastrukturinvesteringar, dels för en samhällsekonomiskt optimal beskattning av de olika trafikslagens el- och bränsleanvändning. I båda fallen bör samtliga transportslag behandlas på ett likvärdigt sätt. Slutsatsen blir att värderingen av koldioxid idealt bör ligga på en nivå som motsvarar den genomsnittliga beskattningen i Europa plus priset på utsläppsrätterna. Därutöver behöver all förbrukning av el bör bli föremål för en beskattning som koldioxidmässigt motsvarar den genomsnittliga skatten av ett ton koldioxid från förbränning av kol, olja och naturgas i Europa, d.v.s. ca 45 Euro.

Om denna skattesats används på kol som förbränns i kolkondenskraftverk (40% verkningsgrad) blir kostnaden 34 svenska öre per kWh el. Om den används på naturgas som utnyttjas i ett gaskombikondenskraftverk stannar kostnaden vid 14 öre per kWh el. Den svenska elkonsumtionsskatten uppgår som jämförelse till 19.8 öre per kWh och kommer från årsskiftet att höjas ytterligare. Allt talar således för att tågen bör betala elskatt samt därutöver kostnaden för kraftindustrins förvärv av utsläppsrätter. Tågen bör dock inte erlägga högre elskatt än andra förbrukare av elektricitet. Vägtrafiken bör erlägga bensin- och dieselskatt samt betala kostnaden för petroleumbranschens inköp av utsläppsrätter (som bakas in i priset).

Referenser

ECON (2000), *Miljøkostnader ved avfallsbehandling*, ECON rapport 85/00.

ECON (2001), Beregning av miljøkostnader ved transport, Utarbeidet for Vegdirektoratet, Jernbaneverket, Kystdirektoratet och Luftfartsverket. ECON-rapport nr 81/01, Oslo, November 2001.

ECON (2002), *Marginal elproduksjon och CO₂-utslipp i Sverige*, Energimyndigheten ER 14:2002.

Europeiska Kommissionen (2001), *Förslag till Europaparlamentets och Rådets direktiv om ett system för handel med utsläppsrätter för växthusgas inom gemenskapen och om ändring av rådets direktiv 96/61/EG*, COM (2001) 581 slutlig.

Hagem, K. och Holtmark, B. (2001) *Kyotoavtale uten USA – liten effekt for miljøet*. Økonomisk forum nr 5, 2001.

Kåberger, T. och Karlsson, R. (1998), *Electricity from a competitive market in life-cycle analysis*, Journal of Cleaner Production 6(2), 103-109.

Kågeson, P. (2001), *The Impact of CO₂ Emissions Trading on the European Transport sector*, VINNOVA Report VR 2001:17, Stockholm.

Miljödepartementet (2001), *Sveriges tredje nationalrapport om klimatförändringar*, Ds 2001:71.

Nature Associates (2002), *Samhällsekonomiska kalkylvärden för elektricitet som används inom transportsektorn samt frågan om hur effekterna av järnvägens elförbrukning bör internaliseras*. Pm 2002-03-20 på uppdrag av SIKA.

SFT (2001), *Verdsetting av miljøskader knyttet till utslipp av klimagasser*. SFT-notat 10.10 2001., Statens forurensningstilsyn, Oslo.

SIKA (2002), *Översyn av samhällsekonomiska metoder och kalkylvärden på transportområdet*, SIKA rapport 2002:4, Stockholm.

Sjödén, J. och Grönkvist, S. (2002), *Emissions accounting for use and supply of electricity in the Nordic market*, publicerad i Sjödén, J. (2002), *Swedish District Heating Systems and a Harmonised European Energy Market – Means to Reduce Global Carbon Emissions*, Linköping Studies in Science and Technology, Dissertation No. 795, Linköpings Universitet.

Vennemo, H. och Halseth, A. (2001), *Environmental regulation of power investment in an international market*. Resource and Energy Economics 23(2), 157-173.

Werner, S. (2001), *Rewarding energy efficiency: the perspective of emissions trading*. Paper presented at Euroheat & Power Congress, Gdansk/Gdynia, June 7-8.