



**TØI rapport  
363/1997**

# **Køknstnader og kjøprising i bytrafikk**

**Berit Grue  
Odd I Larsen  
Jens Rekdal  
Terje Tretvik**

ISSN 0802-0175  
ISBN 82-480-0016-8

Oslo, juli 1997

---

**Tittel:** *Køkostnader og køprising i bytrafikk*

**Forfattere:** *Berit Grue, Odd I Larsen,  
Jens Rekdal, Terje Tretvik*

TØI rapport 363/1997  
Oslo, juli 1997  
95 sider  
ISBN 82-480-0016-8  
ISSN 0802-0175

**Finansieringskilde:** Samferdselsdepartementet

**Prosjekt:** O-2195 Vegprising  
**Prosjektledere:** Odd I Larsen, TØI  
Terje Tretvik, SINTEF Bygg- og  
miljøteknikk, Samferdsel

**Emneord:** Vegprising  
Køkostnader  
Bytrafikk

**Sammendrag:**

Poenget med køprising er at den enkelte vegtrafikanter skal betale kostnaden ved de forsinkelser som påføres annen vegtrafikk (den eksterne køkostnad). I større byer kan denne kostnaden bli betydelig i rushtidene. Beregninger her viser hvor store de aktuelle kostnader er i Oslo-området og Trondheim. De viser også hvordan kostnaden varierer avhengig av hvor og når en biltur foretas. Innføring av et system for køprising vil påvirke biltrafikkens omfang og fordeling og vil innebære samfunnsøkonomiske gevinster som primært skyldes bedre framkommelighet når køproblemer reduseres. Rapporten inneholder også anslag på slike gevinster for Oslo-området og en drøfting av ulike problemstillinger knyttet til køprising.

**Title:** *Congestion Cost and Congestion Pricing in Urban Traffic*

**Authors:** *Berit Grue, Odd I Larsen,  
Jens Rekdal, Terje Tretvik*

TØI report 363/1997  
Oslo, July 1997  
95 pages  
ISBN 82-480-0016-8  
ISSN 0802-0175

**Financed by:** Ministry of Transport and Communications

**Project:** O-2195 Road Pricing  
**Project managers:** Odd I Larsen, TØI  
Terje Tretvik, SINTEF Bygg- og  
miljøteknikk, Samferdsel

**Key words:** Road pricing  
Congestion  
Urban traffic

**Summary:**

The report presents estimates of the external congestion costs for different periods and trip patterns in the Oslo-region and Trondheim. The magnitude of possible social benefits from congestion pricing is also estimated for the Oslo-region. It is clearly evident that peak period congestion costs exceed the present toll rates by a substantial amount. We cannot expect that congestion pricing will be a popular measure. However, opinion polls in Trondheim and Oslo show that people's attitude towards pricing schemes becomes more positive as they gain experience with them.

**Language of report:** Norwegian

---

*Rapporten kan bestilles fra:  
Transportøkonomisk institutt, biblioteket,  
Postboks 6110 Etterstad, 0602 Oslo  
Telefon 22 57 38 00 - Telefax 22 57 02 90  
Pris kr 150,-*

---

*The report can be ordered from:  
Institute of Transport Economics, the library,  
PO Box 6110 Etterstad, N-0602 Oslo, Norway  
Telephone +47 22 57 38 00 Telefax +47 22 57 02 90  
Price NOK 150.-*

# Forord

Vegprising er blitt et aktuelt transportpolitisk tema. Begrepet har ikke et helt klart innhold og det er nærmest et definisjonsspørsmål om også avgifter på drivstoff skal betegnes som vegprising. Denne rapport behandler i første rekke «køprising». Avgifter på drivstoff vil utenom køsituasjoner kunne ha tilnærmet samme funksjon som en mer direkte prising av vegbruk og trolig være et kostnadseffektivt alternativ. Drivstoffavgifter vil imidlertid ikke kunne erstatte «køprising» hvor poenget er at den enkelte bilist skal betale for kostnaden ved de forsinkelser som vedkommende påfører andre vegtrafikanter. Denne kostnad varierer meget sterkt i tid og rom og disse variasjoner vil ikke kunne fanges opp av drivstoffavgifter.

Rapporten inneholder en mer prinsipiell drøfting av ulike aspekter ved «køprising» i tillegg til beregninger for Oslo-området og Trondheim. Beregningene er et forsøk på å belyse størrelsen på de køkostnader som er relevante i en diskusjon av kjøprising. Dessuten har vi forsøkt å anslå de potensielle samfunnsøkonomiske gevinster ved kjøprising.

Transportøkonomisk institutt og SINTEF Bygg og miljøteknikk, Samferdsel har samarbeidet om prosjektet med Odd I Larsen og Terje Tretvik som prosjektledere fra de respektive institusjoner. Øvrige medarbeidere i prosjektet har vært:

Børge Bang, SCC TRAFIKON  
Terje Simonsen, SINTEF Bygg og miljøteknikk, Samferdsel  
Terje Moen, SINTEF Bygg og miljøteknikk, Samferdsel  
Berit Grue TØI og  
Jens Rekdal TØI

Sekretær Tove Ekstrøm har stått for den avsluttende tekstbehandling.

Prosjektet er finansiert av Samferdselsdepartementet hvor Jan Reidar Onshus har vært kontaktperson.

Oslo, juli 1997  
TRANSPORTØKONOMISK INSTITUTT

*Knut Østmoe*  
instituttssjef

*Jon Inge Lian*  
avdelingsleder



# Innhold

## Sammendrag Summary

<b>1 Innledning</b> .....	1
1.1 Eksterne køstkostnader for vegtrafikk i byområder .....	1
1.2 Rapportens oppbygning .....	1
<b>2 Beregning av eksterne køstkostnader for vegtrafikken</b> .....	3
2.1 Prinsippene.....	3
2.2 Eksterne køstkostnader for vegtrafikken i Oslo og Akershus .....	5
2.3 Eksterne køstkostnader for vegtrafikken i Trondheimsområdet .....	15
<b>3 Illustrasjon av vegvalgseffekter</b> .....	19
3.1 Gevinster ved bedre vegvalg.....	19
<b>4 Effekter av å skyve trafikk i tid</b> .....	24
4.1 Gevinster ved forskyvning av trafikk i tid.....	24
<b>5 Modellsimuleringer av alternative avgiftsopplegg for Oslo-området</b> 27	
5.1 Innledning .....	27
5.2 Transportmodellen .....	28
5.3 Scenariene .....	29
5.4 Resultater .....	31
<b>6 Fordelingsmessige aspekter ved vegprising</b> .....	44
6.1 Innledning .....	44
6.2 Den økonomiske belastning ved køprising.....	46
6.3 Unntaks- eller særordninger.....	49
6.4 Effekten av ulike systemutforminger.....	49
6.5 Bruk av reiseregistreringer fra RVU i Oslo/Akershus 1990.....	50
6.6 Hvilke trafikanter berøres av økte bomavgifter? .....	51
<b>7 Vegprising som virkemiddel i transport - og miljøpolitikken</b> .....	64
7.1 Hvorfor vegprising? .....	64
7.2 Eksterne kostnader .....	65
7.3 Trafikkulykker .....	66

---

7.4 Globale utslipp .....	67
7.5 Lokale utslipp til luft .....	67
7.6 Trafikkstøy .....	67
7.7 Vegslitasje .....	68
7.8 Størrelsen på (avgiftsrelevante) eksterne kostnader .....	68
7.9 Kjøprising .....	69
7.10 Finansielle inntekter fra et kjøprisingssystem .....	73
<b>8 Folks holdninger til vegprising .....</b>	<b>74</b>
<b>Litteratur .....</b>	<b>78</b>
<b>Vedlegg 1 .....</b>	<b>79</b>
<b>Vedlegg 2 .....</b>	<b>86</b>
<b>Vedlegg 3 .....</b>	<b>91</b>

---

Sammendrag:

# Køknader og køprising i bytrafikk

Denne rapporten tar spesielt for seg *eksterne* køknader, dvs knader som en enkelt biltur påfører den øvrige trafikken i form av økt kjøretid og knad. I de mest trafikkerte periodene med mye køkjøring kan denne knaden bli svært høy i byområder.

I økonomisk forstand innebærer køprising at man går over fra prising etter gjennomsnittsknad, representert ved tids- og kjørekknader for den enkelte bil, til prising etter marginalknad. Køknaden er differansen mellom gjennomsnittsknad og marginalknad for den enkelte biltur og denne differense skal motsvares av en avgift dersom knaden skal internaliseres.

Internalisering betyr at den enkelte bilist, gjennom en avgift, indirekte vil ta hensyn til de forsinkelser den øvrige trafikken påføres når vedkommende bruker bilen.

Hvis vi regner med at særavgifter på drivstoff og den distanseavhengige del av engangsavgiften m.m. omtrent dekker de avgiftsrelevante eksterne knader knyttet til miljø, ulykker og vegslitasje, så er det bare betaling av bompenger som i noen grad kan bidra til at bilistene nå tar hensyn til køknadene når de bestemmer seg for å bruke bilen. Norske byer som i dag har bompengering er Oslo, Bergen og Trondheim. I tillegg har Kristiansand et bompengeplegg, men ikke i form av en «tett» ring.

Eksterne køknader er det ikke mulig å registrere direkte. Ved å bruke et modellverktøy som gir informasjon om kjørelengder og -tider ved ulike trafikkvolumer, har vi gjort *beregninger* av eksterne køknader for Oslo/Akershus og Trondheim. Tabell A viser ekstern køknad for en gjennomsnittsbiltur i typiske trafikksituasjoner. For Oslo-området er denne køknad også beregnet for perioder uten rushtrafikk.

Tabell A: Total biltrafikk i Oslo/Akershus og Trondheimsområdet. Antall bilturer på vegnettet og gjennomsnittlig marginal køknad for typiske trafikksituasjoner.

Scenario	Antall bilturer pr time totalt (1000)		Gj.snittlig ekstern marginal køknad for alle bilturer (kr)	
	Oslo	Trondh.	Oslo	Trondh.
Morgentime før makstime	55	19	7	3
Morgen makstime	86	38	18	8
Morgentime etter makstime	62	30	8	5
Time midt på dagen 1)	73		5	
Ettermiddagstime før makstime	117	34	20	3
Ettermiddag makstime	123	53	24	9
Ettermiddagstime etter makstime	109	47	17	7
Time med lavtrafikk	36		1	

1) Vi har her regnet med at generalisert kjørekostnad pr biltur er 25 % høyere enn for de øvrige timer pga større andel næringstrafikk (inkl tungtrafikk), dvs kr 1.25 pr minutt + kr 1.25 pr km.

For begge byene er det i ettermiddagsrushet at trafikken er størst og køknadene høyest. Den gjennomsnittlige køknaden dekker et stort variasjonsområde. På enkelte reiserelasjoner er kostnaden nær null, mens den for andre relasjoner kan være meget høy. Spesielt ses store forskjeller under rushperiodene, hvor trafikkenes retningsfordeling er svært skjev. I kapittel 2 finnes mer detaljerte oversikter over beregninger gjort for bilturer mellom ulike områder innen de to byene. Til dette formål er begge byområdene inndelt i 9 mindre geografiske områder.

Marginalkostnaden for en reiserelasjon gjenspeiler bl a retningsbalansen i trafikken. De høyeste kostnader er spesielt forbundet med reiserelasjoner som innebærer kjøring til eller gjennom de sentrale bydeler i morgenrushet og tilsvarende i motsatt retning om ettermiddagen.

I morgenrushet viser det seg at reiser som innebærer betaling av bomavgift, i de fleste tilfeller, sammenfaller med reiser som har høye eksterne køknader, men at dagens bomavgifter er altfor lave til å dekke de eksterne køknadene for biltur i de tettest trafikkerte timene. Med de rabattordninger som i dag finnes er f.eks gjennomsnittstaksten for bomringen i Oslo vel 8 kr for lette biler.

I forhold til morgenrushet har ettermiddag makstimen større belastning på vegnettet og de mest belastende bilturene har høyere (ekstern) marginalkostnad. I Oslo/Akershus gjelder dette spesielt turer til Sørkorridoren. En større andel turer med høye køknader i ettermiddagsrushet har retning ut av sentrum, og disse berøres ikke av bomavgifter.

Selv om vi har beregnet svært høye eksterne køknader for noen reiserelasjoner (opptil 170 kr), så ligger 70 prosent av turene i makstimene i området 0-20 kr.

Uten kjøprising vil «rasjonelle» vegvalg innebære at trafikantene bare tar hensyn til sin egen kjøretid og -kostnad. Dette gir ikke nødvendigvis de beste



vegvalg for systemet totalt. Beregninger hvor «optimal» kjøprising simuleres tyder på at besparelsene for den totale vegtrafikken i en rushtime er relativt små (1,5-2%). Allikevel ville optimalt vegvalg i makstimen om morgenen 230 dager i året gi samfunnsøkonomiske besparelser av størrelsesorden 100 mill kr i Oslo/Akershus og 28 mill kr i Trondheim, uten overføring av reiser til andre tider eller andre transportmidler. I praksis er det ikke mulig å utforme kjøprisingssystemer som kan «ta ut» så store gevinster i forbindelse med vegvalg.

Dersom 20% av bilturene kunne fjernes fra makstimen om morgenen og i stedet kjøres enten i timen før eller etter topptimen, ville det gi besparelser i kjøknstnader på rundt 35 mill kr for Oslo/Akershus. For Trondheim kunne tilsvarende gi 27 mill kr i besparelser, altså nesten like mye som ved optimalt vegvalg.

For Oslo/Akershus er det gjort modellsimuleringer av alternative avgiftsopplegg hvor både biltrafikken og kollektivtrafikken er med i modellene. Trafikanter kan velge å kjøre bil en av tre timer eller å reise kollektivt. I kapittel 5 vises etterspørselsendringer, samfunnsøkonomiske gevinster og avgiftsinntekter for fire ulike avgiftsscenarier:

A: Referansescenariet. Scenariet gjenspeiler trafikksituasjonen uten bomringen i Oslo

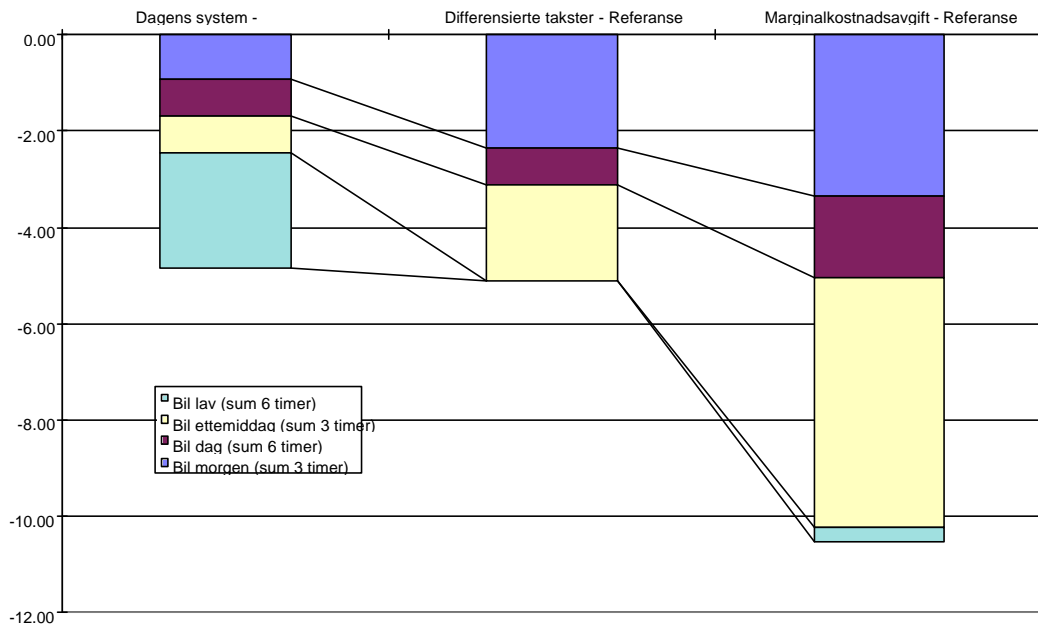
B: Dagens avgiftssystem. Her belastes biltrafikken med dagens gjennomsnittstakster for passering av bomringen i Oslo.

C: Tidsdifferensiering av takstene over dagens bomring. Her varierer takstene for bomringen over tid, og betalingen skjer to-veis og ikke bare inn mot sentrum som i dag. Bomtakstene gjenspeiler bedre de faktiske kjøknstnader til ulike tider av døgnet - kr 7,50 pr passering i timene før og etter topptimen morgen og ettermiddag, kr 15 i topptimene og kr 4 for dagtrafikk på virkedager. Om kvelden og i helgene passerer trafikken gratis.

D: Kjøprising («den optimale vegprisingen»). Avgiften varierer i tid og rom og knyttes ikke til passering av bomsnitt, men til trafikkbelastningen på de veger som brukes. En slik «perfekt» kjøprising er i praksis ikke gjennomførbar i overskuelig framtid.

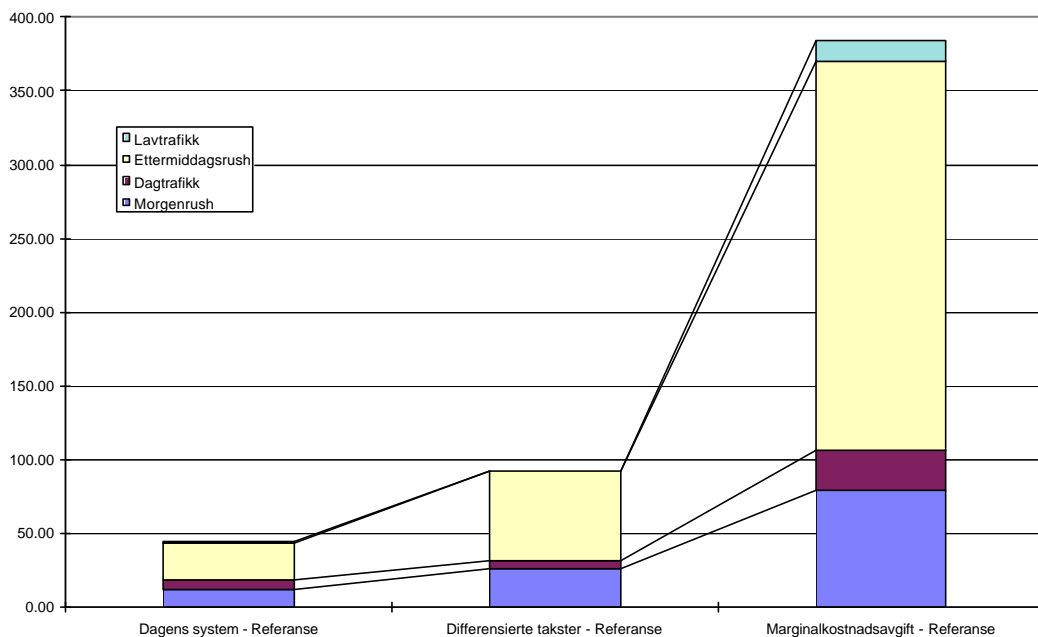
Et «perfekt» kjøprisingssystem er beregnet til å gi ca 10 mill færre bilturer i løpet av et år. Figur A viser totale årlige reduksjoner i antall bilturer for de tre avgiftsscenariene i forhold til referansescenariet.

Figur A: Årlig reduksjon i bilturer etter avgiftssystem (mill turer) i forhold til referansen uten bomring i Oslo



Totalt sett gir altså ikke de tidsdifferensierte bomavgiftene færre bilreiser per år sett i forhold til dagens flate satser. Reduksjon av biltrafikk i rushtidene motvirkes av økt trafikk i lavtrafikkperioder hvor det nå ikke kreves inn bompenger. Allikevel gir tidsdifferensieringen en årlig samfunnsøkonomisk gevinst i forhold til dagens takstsystem, som vist i Figur B fordi man «priser bort» turer som koster samfunnet mye.

Figur B: Årlige samfunnsøkonomiske gevinster ved innføring av ulike avgiftssystemer i Oslo-området i forhold til referansen uten bomring



Som det fremgår er det relativt stor forskjell på gevinstene ved et «primitivt» bomringsystem med differensierte takster og et «perfekt» system. Forskjellen tyder på at det bør finnes «gode» systemer mellom disse to ytterpunkter. Design av et slikt system krever imidlertid relativt grundige og omfattende analyser og systemkostnader blir i tillegg et viktig punkt.

Med en tidsdifferensiering med de forutsatte satsene, vil totale avgiftsinntekter fra bomringen i Oslo øke med ca 16 % til omlag 865 mill kr pr år, og inntektene vil i hovedsak komme fra bilistene som kjører i rushtidene.

Den typiske trafikant som vil bli hardt rammet av kjøprising er «matpakkebilisten» som kjører inn mot bysentrum i morgenrushet og ut igjen i ettermiddagsrushet og hvor en forholdsvis stor del av turen foregår i købelastede deler av vegsystemet. I reisevaneundersøkelsen for Oslo/-Akershus i 1990 er rundt 80 prosent av bilturene inn gjennom bomringen i rushperiodene reiser til/fra jobb eller skole.

Prises disse bilturene utfra de marginalkostnader som er beregnet for dagens trafikk i Osloområdet, vil kjøavgifter for slike arbeidsreiser ligge i området 30-50 kroner. Med f.eks. 220 arbeidsdager kan årlig utgift dermed komme opp i 7-11 tusen kr. Noe av dette kompenseres ved bedre framkommelighet.

I undersøkelser om folks holdninger til vegprising, kommer slike tiltak ikke ut som spesielt populære virkemidler. I følge spørreundersøkelser gjort samtidig i Bergen, Trondheim og Oslo i 1991, var det bare i Bergen at en liten overvekt av de spurte var positive til bompengering. Forslag om vegprising i form av tidsdifferensierte takster fikk enda lavere oppslutning. Misnøye med slike ordninger ser imidlertid ut til å avta med tiden etter implementering. Dette kan skyldes merkbare forbedringer i framkommelighet, samt at motstand mot nye ting har en tendens til avta over tid.

Kjøavgifter kan nok virke som et urettferdig system for de trafikanter som er mest bundet til spesielle reisemønstre til faste tider. Det er imidlertid svært få bilister som kjører så mye i rushperiodene at de ville fått ekstremt store utgifter i forhold til den vanlige rushtrafikken. Vi må også regne med at de aller fleste på litt sikt kan tilpasse sitt reisemønster slik at de unngår mer ekstrem avgiftsbelastning.

Kjøprising vil også kunne få andre konsekvenser. På sikt vil det redusere behovet for å investere i veikapasitet. Kollektivtrafikken vil øke og kollektivtilbudet forbedres, men det kan også gi rom for tilpasning av takstene i kollektivtrafikken slik at også kollektivtrafikanter i større grad betaler de samfunnsøkonomiske kostnader for dyre rushtidsreiser.



**Summary:**

# **Congestion and road pricing in urban areas**

This report focuses on congestion and the congestion element in road pricing. If motorists are to pay the full social cost of a trip undertaken in a congested road system they shall also pay for the costs inflicted on other motorists in terms of increased delays and operating cost of vehicles. This cost can be substantial when congestion is severe. By imposing a congestion fee, suitably differentiated in time and space, the congestion cost imposed on other road users will be internalised and enter as a part of the private costs of a trip. The objective of internalising the social cost is to give correct incentives to motorists. In an economic perspective, congestion pricing implies a shift of regime from average cost pricing to marginal cost pricing.

Road traffic has of course other external costs than congestion cost. The main components are related to air pollution, noise and traffic accidents. These externalities are not treated at any length here. The reason is that the present Norwegian system of excise taxes on vehicles and petrol seems to internalise these costs in an adequate way. To a policy aiming for «correct pricing» it is therefore the congestion element that poses the biggest problem. This is so even though the three largest cities in Norway - Oslo, Bergen and Trondheim - at present operate toll cordons. The toll cordons were implemented to raise revenue for road projects and neither location of toll gates nor toll rates are adapted to the principles of congestion pricing.

The external (marginal) congestion cost that is the theoretical basis for congestion pricing is not directly observable. This cost has to be estimated, more or less accurately by the use of suitable models that handle route choice in congested road systems.

An important part of this work has been to provide estimates of the external (marginal) cost. These estimates refer to different traffic situations in the Oslo-area and in the Trondheim-area. The EMME/2 system has been used for this purpose. The approach has generally been to add some trips to a base case O/D-matrix and calculate the additional cost in terms of time and operating cost for the trips in the base case matrix. By dividing the additional costs by the number of trips added to the matrix we get the required estimates.

This procedure has been used both to obtain an estimate of average marginal congestion cost and to obtain estimates for trips between different groups of zones, i.e. between different suburban areas and more centrally located areas.

Table A gives the estimates for an «average trip» in different traffic situations.

*Table A: Average external congestion cost per vehicle trip in the Oslo and the Trondheim area.*

Scenario	Vehicle trips pr hour (in 1000)		Average external congestion cost pr trip (NOK)	
	Oslo	Trondh.	Oslo	Trondh.
Morning- the hour before peak hour	55	19	7	3
Morning - peak hour	86	38	18	8
Morning - the hour after peak hour	62	30	8	5
Average hour 9 a.m.-3 p.m. <sup>1)</sup>	73		5	
Afternoon - the hour before peak	117	34	20	3
Afternoon - peak hour	123	53	24	9
Afternoon - the hour after peak	109	47	17	7
An average hour with low traffic	36		1	

<sup>1)</sup> Unit costs are increased by 25 % due to higher share of commercial traffic (incl goods vehicles) , i.e. NOK 1.25 per minute + NOK 1.25 per kilometre are used as unit costs.

The external congestion cost is highest in the afternoon in both areas. However, the increase over the morning peak hour is not what we might expect from the volume of traffic in terms of trips in the matrices. This reflects that there is a better directional balance in the traffic flows in the afternoon. Traffic flows in the afternoon are not as much dominated by commuting as in the morning hours. The level of costs differs substantially between Oslo and Trondheim due to the more congested system in Oslo.

An average commuting (round) trip undertaken in the peak hours in the Oslo-area has an estimated external congestion cost of NOK 42. With the present toll rates and discounts, a motorist will pay approximately NOK 8 for the (round) trip if the trip crosses the toll cordon as most trips with high external congestion cost do.

The estimates in Table A hide big differences between different types of trips. In Ch. 2 we present more disaggregated results and these show that the external congestion cost in the morning peak hour varies between zero and NOK 170. 70 per cent of the trips in the morning peak hour are found in the interval NOK 0 - NOK 20.

One potential benefit of efficient congestion pricing comes from better route choice. Technically speaking the benefits are related to the difference between user optimised and system optimised route choices. Running the EMME/2 system for these two principles of auto assignment, we find that the savings - in percentage terms are quite small (1.5 - 2.0 per cent in the morning peak). However, on an annual basis the potential savings may be of the order NOK 100 millions for the Oslo-area and NOK 25-30 millions for the Trondheim-area. The results are mainly of theoretical interest. It is very

difficult to imagine a pricing scheme that will enable us to reap more than a minor share of the potential benefits from better route choices.

Another potential source of benefits comes from influencing the timing of trips. To get an idea of the potential benefits we moved 20 per cent of the trips in the morning peak hour and distributed these trips on the hours before and after the peak. In the Oslo-area the estimated benefits on an annual basis amounted to NOK 35 millions and in Trondheim to NOK 27 millions. In Oslo the potential benefits are relatively small because the whole 3 - hour rush period is quite congested while the actual peak is much sharper in Trondheim.

Both route choice and timing of trips was studied without any consideration of impacts on demand in terms of number of vehicle trips. For Oslo/Akershus a more comprehensive modelling of congestion pricing was also carried out. Here we used a system of logit-models for the choice between public transport and car and for the choice of the hour to travel during the morning and afternoon rush hours. On work-days between 9 a.m. and 3 p.m. the choice is only between car and public transport and the same is the case for evenings and weekends.

With this system we use the EMME/2 system to find the equilibrium solutions with respect to route choice, mode choice and timing of trips for 4 alternatives:

- A: Reference alternative. A situation without congestion pricing and road tolls.
- B: The present toll cordon. Disregarding different types of discounts we use the average toll paid per trip for light and heavy vehicles respectively.
- C: The present toll cordon, but with toll rates differentiated by time of day. We assumed toll payment in both directions, both inbound and outbound, as opposed to the present one-way system. Tolling starts at 6 a.m. on workdays and toll rates follow the profile NOK 7.50 - 15.00 - 7.50 - 4.00 (9 a.m. - 3 p.m.) - 7.50 - 15.00 - 7.50 - 0 (from 6 p.m.). No tolling is assumed in the weekends.
- D: «Perfect» congestion pricing with a congestion charge on all road links.

Alternative C should be easy to implement, while D mainly is of theoretical interest and gives an upper bound on the potential benefits from congestion pricing. However, neither C nor D takes into account more long run changes in demand related to destination choice, land use and location decisions.

Figure A shows the difference in demand between the reference alternative (A) and B, C and D. B and C give approximately the same reduction in the annual number of car trips in the Oslo-region, but differ with respect to type of trips. In B more than 50 per cent of the reduction comes in the evenings and the weekends, while C mainly reduces the number of trips in rush hours. The same is the case for D that, not unexpectedly, has the greatest impact on demand.

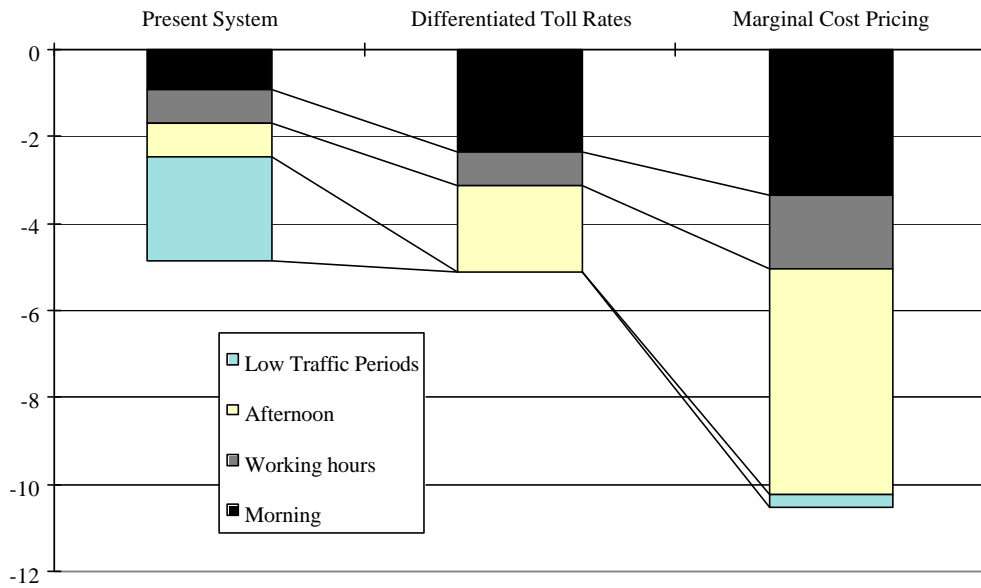


Figure A: Annual reductions in car traffic (mill trips) with alternative congestion pricing schemes compared to a reference system without congestion pricing.

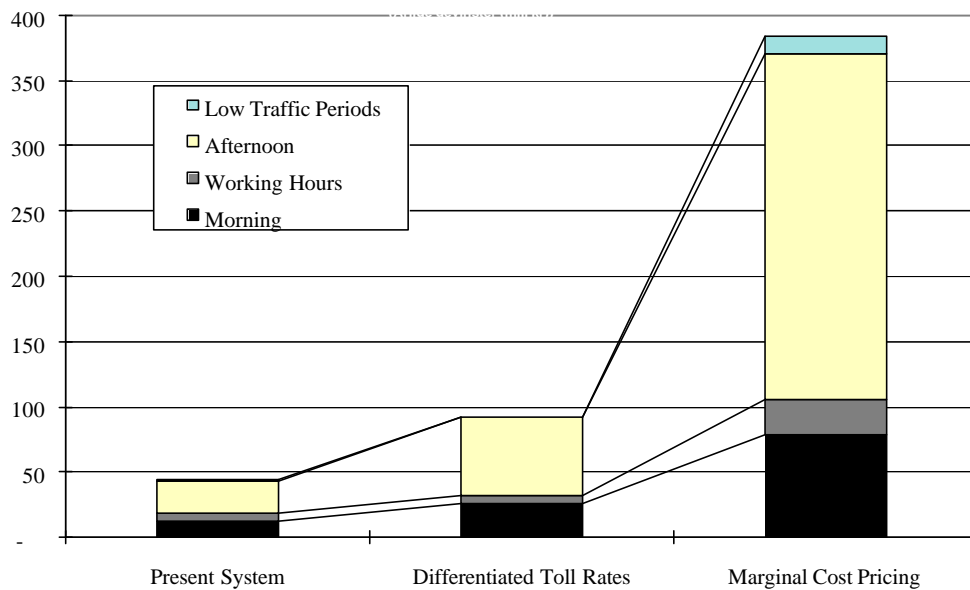


Figure B: Annual social benefits of alternative congestion pricing schemes compared to a reference system without congestion pricing (million NOK).

Figure B shows the social benefits of the different pricing schemes. The social benefits consist mainly of time savings and savings in operating costs for motorists, while tolls and congestion charges are transfer payments in a social account. Figure B does not give the complete picture. We have not included the net result with respect to public transport. More comprehensive estimates should also include impacts on public transport supply, costs and fare revenue.

Anyhow, the difference in social benefits between C and D indicates that more sophisticated schemes than differentiated rates on the present toll



cordon (including two-way toll payment) may provide additional benefits that are well worth considering. On the other hand, there will always be a trade-off between costs, practicality and benefits when it comes to congestion pricing.

The toll revenue in alternative C is NOK 865 millions, an increase of 16 per cent over the revenue from the toll cordon, i. e. only a marginal increase in total toll payment.

An alternative like C or a more sophisticated scheme will certainly have distributional impacts compared with the present scheme.

The typical car driver who will «suffer» from congestion pricing is a driver who commutes to or through the central areas of Oslo and with both legs of the trip in the peak hours. The annual cost for such trips will amount to NOK 7,000 - 11,000, but there will be some compensation in terms of savings on petrol and travel time. Travel surveys show that 80 per cent of inbound trips over the toll cordon in the morning rush hours are commuting. Congestion pricing may seem unfair for car users who have a fairly fixed travel pattern and travel schedule, but very few have travel patterns that will impose an unduly heavy burden on the household budget if congestion pricing is introduced. We must also expect that the great majority, over a certain period of time, will be able to adjust travel patterns so that more extreme expenditures are avoided.

Several surveys of people's attitudes to road pricing point to the fact that such measures are rather unpopular. Even surveys related to the present toll cordons in Oslo, Bergen and Trondheim where the revenue is appropriated for road projects, show that it is only in Bergen that there is a (small) majority for the toll scheme. When people are asked about attitudes to differentiated rates, the support is even smaller. On the other hand, the surveys also show that opposition recedes with time from implementation. This may be due to the fact that people gradually experience the improvements in the road system that are financed by the toll. It may also have something to do with a general tendency to accept new measures as time goes, especially if the adverse effects are less than initially expected.

Congestion pricing will have effects beyond the road traffic. More long term effects may come from reduced investment in road capacity, improved public transport services and it may also pave the way for a more efficient fare structure in public transport. At present, a sound «second best» strategy is to subsidise the costly peak traffic quite heavily, but with the financial constraints imposed on public transport. This means poorer services and higher fares off peak.



# 1 Innledning

## 1.1 Eksterne køknaster for vegtrafikk i byområder

Vegprising representerer et forsøk på å internalisere de eksterne knaster som biltrafikk medfører slik at disse knaster også kan inngå som en del av de privatøkonomiske knaster ved bilbruk. En nesten ubetinget forutsetning for å få et samfunnsmessig «riktig» omfang på biltrafikken, er at bilister tar hensyn til de konsekvensene egne beslutninger medfører for «andre». Dette oppnår man ved å internalisere de eksterne knaster.

De forsinkelser som den enkelte bilist påfører annen vegtrafikk («de eksterne køknastene») er en av flere komponenter som vi vanligvis regner med inngår i eksterne knaster.

I dette prosjektet fokuseres det på «kjøprising» utfra det synspunkt at distanseavhengige avgifter på biler og drivstoff i dag synes å dekke inn praktisk talt alle eksterne (marginal)knaster knyttet til miljø og ulykker på en akseptabel måte. Dette gjelder spesielt for bensindrevne personbiler.

Når det gjelder kjøproblemer er Oslo-området i en særstilling blant norske byområder. Alle større norske byer har noe køer og forsinkelser i forbindelse med rushtidene. Forsinkelsene er imidlertid ikke store og køene er forholdsvis kortvarige. Typiske flaskehals er fjernet eller er i ferd med å bli fjernet gjennom de utbyggingsprogrammer som gjennomføres i Bergen og Trondheim, dels finansiert gjennom bompengeringsene. En viss bedring har det også vært i Oslo, men her kan man regne med at relativt store rushtidsproblemer vil vedvare selv når de store gjenværende utbyggingsprosjekter er gjennomført.

Dette innebærer at kjøprising, ihvertfall i Oslo-området, vil kunne gi såvidt store effektivitetsgevinster at det det kan rettferdiggjøre knastene ved et innkrevingsystem for avgifter. I tillegg til de «tradisjonelle» effektivitetsgevinster ved kjøprising vil man også få en miljømessig bonus og åpner dessuten muligheten for en mer knastriktig prising av kollektivtrafikk og en bedre dimensjonering av kollektivtilbudet.

## 1.2 Rapportens oppbygning

Kapittel 2 tar for seg beregninger av eksterne marginale køknaster i byområder for ulike perioder av døgnet. I Kapittel 3 og 4 beregnes effekter som følger av hhv bedre vegvalg og jevnere fordeling over tid innen morgenerushperioden. Beregningene i Kapittel 2-4 er utført mest mulig identisk

for to byområder med ulike køavviklingsforhold i vegnettet: Oslo/Akershus og Trondheimsområdet. Marginalknstnadene er beregnet for de seks mest trafikkbelastede timene i et døgn: tre timer i morgenrushet og tre i ettermiddagsrushet på virkedøgn.

For Oslo/Akershus har vi gjort tilsvarende beregninger for en formiddagstime på virkedøgn og en trafikktime som representerer lavtrafikkperioder (kvelder og helger). For Trondheimstrafikken er vegnettet så lite belastet i slike perioder at det ikke har noen hensikt å regne ut køknstnader utenom rushtimene.

I Kapittel 5 illustreres effekter ved ulike alternative prisingssopplegg for Oslo/Akershus.

Til alle de ovennevnte beregningene er modellverktøyet EMMA brukt.

Kapittel 6 tar opp fordelingvirkninger ved køprising og belyser spørsmålet ved hjelp av data fra den reisevaneundersøkelsen som ble gjennomført i Oslo/Akershus i 1990.

Kapittel 7 inneholder en prinsipiell drøfting av vegprising. Komponentene som kommer inn under eksterne knstnader for vegtrafikken beskrives nærmere.

Kapittel 8 gir en oversikt over det vi vet om folks holdninger til vegprising utfra meningsmålinger/intervjuundersøkelser. Her foreligger det data både fra Oslo og Trondheim og internasjonalt.

## 2 Beregning av eksterne køknaster for vegtrafikken

### 2.1 Prinsippene

Eksterne køknaster er som nevnt den økning i tids- og kjørekostnader som en ekstra biltur påfører den øvrige vegtrafikk. Dette er en kostnad som vi ikke har noen mulighet for å registrere direkte. Den må beregnes eller anslås ved hjelp av matematiske modeller som simulerer trafikkavviklingen i et vegsystem og samtidig beregner kjøretider og kjørelengder for bilturene i systemet. Informasjon om kjøretider og kjørelengder er nødvendig som grunnlag for å beregne kostnadene i systemet.

Har man først en slik modell kan man sammenligne de totale kostnader for trafikkavviklingen over en viss periode for en utgangssituasjon med de kostnader man får for de opprinnelige bilturer hvis det skjer en «liten» trafikkøkning i systemet. Divideres den kostnadsøkning som derved fremkommer på antall bilturer som er tilført systemet, får man et anslag på kostnadsøkningen for annen trafikk ved at det tilføres en ekstra biltur i systemet. Det er ikke likegyldig hvor man tilfører «ekstra» bilturer. Korte turer som ikke foretas i de købelastede deler av vegsystemet vil ha små eller ingen effekter på den øvrige trafikk. Turer som er lange og hvor en stor del av turen foretas i de mest købelastede deler av systemet vil ha relativt stor effekt på trafikkavviklingen og dermed på kostnadene for den øvrige trafikk.

Den metode som ovenfor er skissert er benyttet for å beregne (eksterne) køknaster for ulike reiserelasjoner i Oslo/Akershus og Trondheim. I den modell som brukes til dette er Oslo/Akershus inndelt i 440 geografiske områder eller soner. I tillegg er resten av landet representert ved noen få «eksterne» soner slik at man også kan fange opp trafikk til/fra Oslo/Akershus og gjennomgangstrafikk.

Antall bilturer som foretas mellom de ulike soner (bilturmatrisene har ca 190 000 mulige reiserelasjoner) er beregnet på grunnlag av reisevaneundersøkelser og i tillegg justert mot trafikkteLLinger slik at vi både får et anslag på antall turer som foretas pr time i ulike typiske trafikksituasjoner og hvordan disse turer er fordelt på ulike reiserelasjoner.

Metoden som benyttes til å fordele trafikken på det vegnett som er representert i modellen (EMMA) er basert på at bilistene velger raskeste, korteste eller billigste reiserute (prinsippet er valgfritt) mellom 2 punkter. Finnes det 2 eller flere likeverdige kjøreruter mellom to punkter fordeles i prinsippet den aktuelle trafikk på disse kjøreruter. Den løsning som finnes

når det gjelder fordelingen av trafikk i systemet innebærer at ingen trafikanter kan redusere sine knader ved å velge en annen kjørerute enn den de faktisk benytter. Teknisk sett betyr dette at modellen beregner en likevektsløsning.

I virkeligheten kan man ikke regne med at dette prinsipp blir konsekvent fulgt, bl a fordi folk ikke til enhver tid kjenner den beste kjørerute. Noen kan også legge vekt på andre aspekter ved en kjørerute enn bare tid/knader (noen vil f eks unngå kjøring i tunneler eller ha preferenser for spesielle kjøreruter). Vi regner imidlertid med at modellen gir et forholdsvis realistisk bilde av trafikkfordeling og kjøretider i systemet selv om den er basert på en meget streng adferdsmessig forutsetning som i praksis ikke vil være oppfylt.

Effekten av køer og dårlig trafikkavvikling ivaretas ved at kjøretiden på de enkelte veger som er representert i modellen øker når trafikkvolumet nærmer seg vegens kapasitet (som varierer med vegtype og antall kjørefelt). Dette innebærer at både kjørerute og kjøretid mellom to punkter vil kunne variere med trafikkbelastningen i systemet.

Modellberegninger vil selvsagt aldri gi kunne gi et helt «korrekt» svar når det gjelder køknader, siden enhver modell representerer et stilisert og forenklet bilde av virkeligheten. En god modell vil imidlertid kunne gi et brukbart anslag på størrelsesorden når det gjelder eksterne køknader for en «gjennomsnittssituasjon». I praksis vil trafikkavviklingen i en bestemt periode også påvirkes av større eller mindre tilfeldige begivenheter som kollisjoner og motorhavarier, vegarbeider, signalanlegg som ikke virker som de skal, vanskelige føreforhold osv.

Den modellmessige representasjon av vegsystemet sammen med den forutsette sammenheng mellom trafikkvolum og kjøretid/hastighet er én kilde til unøyaktigheter. Det er også visse grenser for hvor nøyaktig man kan representere det faktiske vegsystem i en modell og dette innebærer bl a at en del småveger er utelatt. Forsinkelser som oppstår i kryss blir heller ikke ivaretatt på en helt tilfredsstillende måte. I praksis spiller neppe de forenklinger som er gjort på dette området noen avgjørende rolle for resultatene. En annen forenkling i modellberegningene er at trafikken forutsettes å fordele seg jevnt over et timesintervall, mens den faktiske trafikkbelastning i et vegsystem vil variere mer eller mindre kontinuerlig over tid. Vegnettet slik det er kodet for Oslo-området representerer situasjonen omtrent ved årsskiftet 1994/95. Dette betyr at noen få forbedringer som har kommet i løpet av de siste par år ikke er inkludert i vegnettet. På den annen side er størrelsen på trafikken justert mot situasjonen våren 1995 og siden har det vært en svak trafikkøkning som til dels vil motvirke effekten av de seneste forbedringer av vegsystemets kapasitet. Generelt må vi regne med at de marginale køknader kan bli redusert noe i de kommende år i forbindelse med fullføring av en del større vegprosjekter i Oslo-området.

Etter at beregningene nedenfor ble gjennomført har vi fått tilgang til en oppdatert vegnettskoding. Dette kodede vegnett inkluderer også alle vegprosjekter med oppstart innen 1997 og er således noe «bedre» enn dagens situasjon. For å teste virkningene av dette forbedrede vegnett har vi foretatt noen sammenlikninger som vist i Vedlegg 1.

De beregningsresultater som presenteres nedenfor er altså basert på data som tilnærmet representerer «dagens situasjon», og en situasjon uten noe spesielt system for kjøprising. Dette innebærer bl a at de vegvalg som modellen gir ikke er de «beste vegvalg» for systemet totalt, selv om hver enkelt bilist forutsettes å være helt rasjonell i sitt vegvalg. Innføres kjøprising i en eller annen form vil også trafikken reduseres og vi vil få lavere eksterne køknaster enn i «dagens situasjon». Det er disse lavere eksterne køknaster, som man får *etter at trafikken er redusert og til dels omfordelt i vegnettet*, som bør være grunnlag for å fastlegge avgifter dersom man ønsker å gjennomføre systematisk kjøprising. Avgifter basert på eksterne køknaster for «dagens situasjon» vil gi «for stor» trafikkreduksjon i den forstand at man i den nye situasjon da ville betale mer for en biltur i form av «køavgift» enn de køknaster bilturen medfører.

Beregningsresultatene må derfor tolkes som et anslag på de knaster som en ekstra «gjennomsnittsbiltur» på de aktuelle relasjoner vil påføre de øvrige trafikanter i systemet. Dette er tilnærmet det samme som den øvrige vegtrafikk tilsammen vil spare dersom en tilsvarende biltur «forsviner» fra systemet.

## **2.2 Eksterne køknaster for vegtrafikken i Oslo og Akershus**

### **2.2.1 Nettverksutlegning og bruk av etterspørselsmatrisene**

All trafikkfordeling er basert på generalisert kostnad, slik at vegvalg forutsettes basert på summen av tids- og kjørekostnader. Som vekt for generalisert kostnad har vi brukt 1 kr pr minutt i tidskostnad og 1 kr pr km i kjørekostnad og dette er også benyttet i de fleste kostnadsberegninger. Vi regner altså med at gjennomsnittsbilen har en tidskostnad på 60 kr pr kjørtid og en km-avhengig kjørekostnad på 1 kr pr km og at denne vektning av tid og knaster også legges til grunn for vegvalget.

Oslo/Akerhus er som nevnt inndelt i 440 geografiske områder eller soner som tilsammen gir ca 190000 reiserelasjoner. For hver av disse reiserelasjoner vil det være en ekstern køkostnad som angir hvor store knaster en ekstra biltur på den aktuelle relasjon vil påføre resten av trafikken i systemet og ikke bare på denne bestemte relasjon. Vi har imidlertid gruppert sonene i 9 hovedgrupper og betrakter i stedet en «gjennomsnittstur» mellom disse hovedgrupper av soner. Dette innebærer at vi presenterer data for 81 «reiserelasjoner» i stedet for ca 190000.

Som utgangspunkt for å gjøre anslag på gjennomsnittlige marginalknaster for biltrafikk fordeler vi nye matriser hvor antallet biler reduseres eller økes

i forhold til «dagens situasjon». Den endring dette gir i totalkostnaden for trafikken (eksklusive kostnaden for de turer som er lagt til eller trukket fra) divideres på det antallet som utgjør endringen.

Vi har lagt ut nye etterspørselsmatriser for beregning av marginalkostnader i to nivåer av geografisk inndeling.

1. Gjennomsnittlige eksterne marginalkostnader for all trafikk i hele Oslo/Akershus-området. Til en slik nettutlegning lages en ny etterspørselsmatrise med lik prosentvis trafikkendring på alle sonerelasjoner. Endringen består i å redusere hele etterspørselsmatrisen med 10 prosent på alle sonerelasjoner.
2. Gjennomsnittlige eksterne marginalkostnader for relasjoner mellom sonegrupper. Trafikken endres da med et antall biler på én relasjon og forblir uendret på resten av sonerelasjonene. Dette gjøres ved å øke etterspørselsmatrisen med 500 biler på de deler av bilturmatrisen som relasjonen omfatter. De 500 tilleggsbilene fordeles i denne del av matrisen etter samme forhold som det opprinnelige innholdet i de samme cellene. Som nevnt har vi gruppert sonene i ni grupper, tre i Akershus og seks i Oslo.

Det er grunn til å merke seg at 1. innebærer at vi beregner marginal køkostnad ved å redusere trafikken litt, mens 2. innebærer at vi øker trafikken litt. Hvis endringen er *meget* liten skal dette gi samme resultat. På grunn av kravet til nøyaktighet i de numeriske beregninger er ikke endringen i trafikkvolum helt ubetydelig. Siden de marginale køkostnader stiger forholdsvis sterkt med trafikkvolumet i systemet vil derfor en marginalkostnad beregnet ved økning av trafikken bli litt høyere enn en marginalkostnad beregnet ved en tilsvarende stor reduksjon i trafikken. Det ideelle ville være å benytte gjennomsnittet av det man får ved beregning etter de to metoder. For praktiske formål vil imidlertid begge metoder gi et tilfredstillende bilde av størrelsen på marginalkostnaden.

### 2.2.2 Eksterne køkostnader - Resultater

Modellkjøringer for beregning av eksterne marginalkostnader for hele Oslo/Akershus under ett og for turer mellom sonegruppene, er gjort for ialt åtte ulike timer som representerer forskjellige trafikksituasjoner.

*Endring i totalt trafikkvolum - ekstern køkostnad for en gjennomsnittstur i Oslo/Akershus*

Tabell 1 viser totalt antall bilturer i ulike «trafikksituasjoner» og tilhørende gjennomsnittlige ekstern køkostnad. Kostnaden er beregnet ved å redusere trafikken med 10 prosent. Kostnadsreduksjon for den biltrafikk som er igjen i systemet er så dividert på det antall bilturer som de 10 prosent utgjør av den opprinnelige trafikk.

Den gjennomsnittlige eksterne køkostnad som er angitt i Tabell 1 dekker over et stort variasjonsområde. På enkelte relasjoner er kostnaden nær null,



mens den for andre relasjoner kan være meget høy, spesielt i makstimene. Trafikken, målt ved antall bilturer som foretas pr time er vesentlig høyere i ettermiddagsrushet enn i morgenerushet. Dette gjenspeiles også i de beregnede marginale køknader, men ikke så mye som man kanskje umiddelbart skulle forvente utfra forskjellen i antall turer. Grunnen til at kostnadsforskjellen mellom morgen- og ettermiddagsrush ikke er større, er først og fremst at trafikken i ettermiddagsrushet har en noe jevnere retningsfordeling fordi denne trafikk ikke i samme grad som på morgenen er dominert av arbeidsreiser.

I den maksimalt trafikerte time i morgenerushet medfører altså en ekstra biltur - i gjennomsnitt - en økt kostnad for den øvrige trafikk på 18 kroner. Gjennomsnittlig turlengde i denne timen er ca 16 km. Dvs at den marginale køkostnad i gjennomsnitt for alle turer utgjør over 1 kr pr km, eller mer enn alle andre eksterne kostnader til sammen (jfr Tabell 28, s 68). For timene før og etter makstimen er denne kostnad under det halve. Hvis vi regner med at særavgifter på drivstoff og den distanseavhengige del av engangsavgiften omtrent dekker de avgiftsrelevante eksterne kostnader knyttet til miljø, ulykker og vegslitasje, så er det i Oslo/Akershus bare betaling av bompenger som i noen grad kan bidra til at bilistene tar hensyn til køkostnadene når de bestemmer seg for å bruke bilen. Med de rabattordninger som i dag finnes er gjennomsnittstaksten for bomringen i Oslo vel 8 kr for lette biler.

*Tabell 1: Total biltrafikk (ikke soneinterne turer) i Oslo/Akershus. Antall bilturer på vegnettet (unntatt soneintern trafikk) og gjennomsnittlig marginal køkostnad for åtte typiske trafikksituasjoner.*

<b>Scenario</b>	<b>Antall bilturer pr time totalt (1000)</b>	<b>Gj.snittlig ekstern marginal køkostnad for alle bilturer (kr)</b>
Morgentime før makstime	55	7
Morgen makstime	86	18
Morgentime etter makstime	62	8
Time midt på dagen 1)	73	5
Ettermiddagstime før makstime	117	20
Ettermiddag makstime	123	24
Ettermiddagstime etter makstime	109	17
Time med lavtrafikk	36	1

1) Vi har her regnet med at generalisert kjørekostnad pr biltur er 25 % høyere enn for de øvrige timer pga større andel næringstrafikk (inkl tungtrafikk), dvs kr 1.25 pr minutt + kr 1.25 pr km.

Som man skulle vente er køkostnaden for lavtrafikk meget liten. «Lavtrafikk» utgjør på årsbasis de største trafikkmengder, mens trafikksituasjoner som er representert ved «makstime» morgen og ettermiddag bare forekommer 1 time i 220-230 dager pr år. Ettermiddagen har relativt stor trafikk som også er nokså jevnt fordelt over 3 timer. En «gjennomsnittsrundtur» som foregår i makstimene morgen og ettermiddag får altså en gjennomsnittlig ekstern køkostnad på 42 kr. Det meste en lett bil i dag må betale i bom-

penger for *en rundtur* er 24 kr. Da benyttes ingen rabattordning og det foretas en gjennomkjøring som innebærer at man betaler både tur og retur.

*Eksterne køkostnader for ulike reiserelasjoner og perioder*

Tabellene på de følgende sidene viser de gjennomsnittlige eksterne køkostnadene for bilturer mellom sonegrupper. Disse er beregnet ved å legge til 500 biler på de 91 enkeltrelasjonene etter tur og dividere den totale kostnadsøkning for de opprinnelige bilturer med 500. Relasjonen Asker/Bærum til Oslo indre by består av mange sonerelasjoner. De 500 turer blir fordelt på disse sonerelasjoner proporsjonalt med den trafikk som allerede finnes på de enkelte sonerelasjoner. Et påslag med 500 biler er valgt for - på den ene side - å få såvidt stor trafikkøkning at resultatet ikke blir vesentlig påvirket av regnenøyaktigheten (se Vedlegg 3) og - på den annen side - ikke få så stor trafikkøkning at marginalkostnaden blir vesentlig overvurdert. Mens vi i Tabell 1 beregnet ekstern køkostnad ved å redusere den trafikk vi hadde i utgangspunktet, benytter vi her en trafikkøkning som grunnlag for beregningene. Siden kostnaden øker med trafikkvolumet innebærer dette at beregnede eksterne køkostnader i gjennomsnitt vil bli litt høyere enn Tabell 1.

Tabellene i Vedlegg 2 viser hvor mange bilturer som foretas mellom sonegruppene i de ulike periodene av døgnet.

*Tabell 2: Gjennomsnittlige marginale køkostnader for bilturer mellom områder i Oslo/Akershus. Morgentime før makstime (Kr pr biltur)*

Fra		Til:								
Sonegruppe:	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Asker, Bærum	1	-	9	9	4	1	3	1	6	6
Follo, Nesodden, Enebakk	2	34	-	17	30	24	21	37	23	5
Romerike	3	24	20	1	21	20	13	22	7	15
Oslo indre by	4	3	1	4	1	-	-	1	1	-
Oslo vest, i.f. bomringen	5	2	6	-	-	-	3	4	2	-
Oslo øst i.f. bomringen	6	11	2	-	8	5	-	7	-	-
Oslo ytre vest	7	-	6	5	1	2	5	-	5	6
Øvre Groruddalen	8	13	6	2	10	5	3	11	1	4
Oslo ytre sør	9	28	-	14	20	20	11	25	14	-

Tabell 2 viser beregnede marginale køkostnader for bilturer i forkant av makstimen om morgenen. Blanke celler innebærer at kostnaden i praksis kan settes til null. Det er vanskelig å foreta en systematisk vurdering av nøyaktigheten på de beregnede marginalkostnader pga ulike typer feilkilder. Antydningssvis bør man imidlertid regne med feilmarginer på  $\pm 15\%$  og med noe større marginer på de minste kostnader (trolig rundt  $\pm 50\%$  for kostnader som er beregnet i intervallet 0-5 kr). Marginalkostnader for reiserelasjoner som innebærer betaling av bompenger er uthevet.

De høye knader i tabellen er spesielt forbundet med reiserelasjoner som innebærer kjøring til eller gjennom de sentrale deler av Oslo. Det er som man skulle forvente. I forhold til de øvrige relasjoner er knadene for turer fra Asker og Bærum relativt lave i forhold til man kanskje umiddelbart skulle forvente utfra trafikksituasjonen i Vestkorridoren. Forholdet er imidlertid at morgensrushet fra vest starter relativt sent slik at avviklingsforholdene tidlig på morgenen er relativt bra i selve Vestkorridoren.

I forhold til timen i forkant av «makstimen» er antall turer i Tabell 3 øket med nesten 32 000 eller 58 %. Fra Asker og Bærum er imidlertid trafikken øket med 82 %.

Tabell 3: Gjennomsnittlige marginale køknader for bilturer mellom områder i Oslo/Akershus. Morgen makstime (0700-0800) (Kr pr biltur)

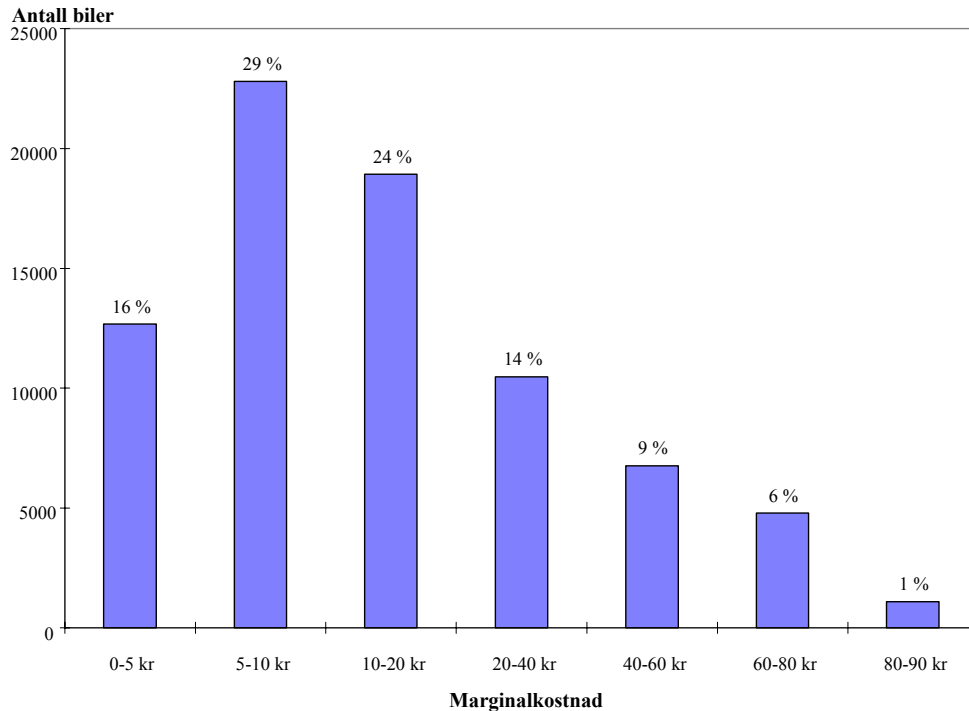
Fra	Til:									
Sonegruppe:	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Asker, Bærum	1	7	<b>41</b>	<b>35</b>	<b>32</b>	<b>22</b>	<b>28</b>	17	<b>36</b>	<b>35</b>
Follo, Nesodden, Enebakk	2	<b>87</b>	6	<b>21</b>	<b>70</b>	<b>72</b>	<b>41</b>	<b>81</b>	<b>45</b>	14
Romerike	3	<b>82</b>	<b>45</b>	10	<b>66</b>	<b>70</b>	<b>45</b>	<b>74</b>	33	<b>52</b>
Oslo indre by	4	15	5	7	4	3	2	7	4	5
Oslo vest i.f. bomringen	5	12	10	7	3	5	7	4	4	8
Oslo øst i.f. bomringen	6	40	7	7	15	24	10	30	6	3
Oslo ytre vest	7	2	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	5	<b>18</b>	<b>15</b>
Øvre Groruddalen	8	<b>39</b>	<b>17</b>	3	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>12</b>	<b>39</b>	1	<b>14</b>
Oslo ytre sør	9	<b>68</b>	2	<b>26</b>	<b>50</b>	<b>51</b>	<b>25</b>	<b>60</b>	<b>29</b>	5

Tabell 3 viser mye av det samme mønster som Tabell 2, men med et vesentlig høyere nivå på knadene. Også her er knadene høyest for turer til eller gjennom de sentrale deler av Oslo. Dette er både lange turer og turer som går i de mest købelastede deler av vegsystemet. Reiserelasjoner som innebærer at man må betale i bomringen er uthevet med fet skrift. Vi kan merke oss at dette omfatter de fleste relasjoner med høye eksterne køknader. Med noen få unntak fanger altså bompengeringen opp de turer som innebærer den største belastning på systemet. Tabellen reflekterer helt tydelig at marginalknaden avhenger av kjøretning. En «gjennomsnittstur» fra Asker og Bærum til Oslo indre by (sone 1 til sone 4) har f eks en beregnet marginalknad på 32 kr, mens en tur den motsatte veg (fra sone 4 til sone 1) har en tilsvarende knad på 15 kr. Forskjellen mht retning er enda mer markert i de andre sektorer.

For de mest belastende turene i topptimen om morgenen ligger marginalknaden i intervallet 80-90 kr. Disse turene går fra Akershus vest gjennom Oslo til Akershus nord eller syd. Turer fra Akershus syd til ytre Oslo vest er også med her. Av totaltrafikken utgjør denne gruppen en liten andel, 1 prosent av turene. Figur 1 viser bilturene i makstimen om morgenen fordelt etter marginale køknader.

Som figuren viser har en stor del av trafikken marginalknader i intervallene 5-10 kr (29 %) og 10-20 kr (24%). 70 prosent av alle bilturene i denne perioden går på relasjoner hvor marginale køknader er 0-20 kr.

Figur 1: Antall bilturer mellom områder i Oslo/Akershus etter gjennomsnittlige marginale køknader. Morgen makstime (0700-0800).



Tabell 4 ligner mye på Tabell 2 og 3, og har jevnt over marginale køknader som ligger mellom kostnadene i disse to tabeller.

De knader som er beregnet refererer seg til en «gjennomsnittsbil». Tunge biler legger beslag på 2-3 ganger så mye vegkapasitet som en «gjennomsnittsbil» og bør ha tilsvarende høye marginale køknader, mens knaden for en lett bil bør være litt lavere enn de tall vi her beregner.

Tabell 4: Gjennomsnittlige marginale køstkostnader for bilturer mellom områder i Oslo/Akershus. Morgentime **etter** makstime (Kr pr biltur)

Fra		Til:								
Sonegruppe:	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Asker, Bærum	1	6	<b>36</b>	<b>32</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	15	<b>29</b>	<b>28</b>
Follo, Nesodden, Enebakk	2	<b>38</b>	2	<b>20</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>36</b>	<b>25</b>	6
Romerike	3	<b>20</b>	<b>14</b>	3	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>17</b>	6	<b>12</b>
Oslo indre by	4	7	11	5	3	3	5	4	1	3
Oslo vest i.f. bomringen	5	5	9	7	3	1	5	4	6	7
Oslo øst i.f. bomringen	6	14	5	5	8	11	4	12	4	2
Oslo ytre vest	7	6	<b>26</b>	<b>21</b>	<b>16</b>	<b>13</b>	<b>18</b>	6	<b>17</b>	<b>19</b>
Øvre Groruddalen	8	<b>14</b>	<b>6</b>	1	7	7	<b>5</b>	<b>10</b>	3	<b>5</b>
Oslo ytre sør	9	<b>29</b>	1	<b>17</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>14</b>	<b>22</b>	<b>17</b>	1

Totalt er det relativt mange bilturer som foretas i løpet av en time midt på dagen på virkedager. I forhold til rushtidene er det imidlertid mye bedre retningsbalanse på trafikken og dette gjør at man ikke på samme måte som i rushtidene får køer og avviklingsproblemer.

Tabell 5: Gjennomsnittlige marginale køstkostnader for bilturer mellom områder i Oslo/Akershus. Time midt på virkedager (Kr pr biltur) 1)

Fra		Til								
Sonegruppe:	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Asker, Bærum	1	3	<b>40</b>	<b>21</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>19</b>	6	<b>13</b>	<b>26</b>
Follo, Nesodden, Enebakk	2	<b>28</b>	3	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>13</b>	<b>31</b>	<b>13</b>	3
Romerike	3	<b>21</b>	<b>21</b>	1	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>18</b>	1	<b>10</b>
Oslo indre by	4	11	25	4	1	3	1	8	5	13
Oslo vest i.f. bomringen	5	9	25	10	3	-	6	4	8	15
Oslo øst i.f. bomringen	6	18	19	3	6	4	1	11	-	8
Oslo ytre vest	7	5	<b>44</b>	<b>18</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>11</b>	5	<b>13</b>	<b>20</b>
Øvre Groruddalen	8	<b>18</b>	<b>21</b>	3	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	-	10
Oslo ytre sør	9	<b>23</b>	<b>6</b>	8	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>24</b>	<b>5</b>	-

1) Vi har her regnet med at generalisert kjørekostnad pr biltur er 25 % høyere enn for de øvrige timer pga større andel næringstrafikk (inkl tungtrafikk), dvs kr 1.25 pr minutt + kr 1.25 pr km.

Tabell 5 viser imidlertid at det også midt på dagen kan være relativt høye køstkostnader enkelte steder i vegsystemet. I forhold til de øvrige tabeller er enhetskostnadene som er benyttet i denne tabell øket med 25 % på grunn av vesentlig høyere andel næringstrafikk inkl høyere andel tungtrafikk.

Tabell 6: Gjennomsnittlige marginale køknostnader for bilturer mellom områder i Oslo/Akershus. Ettermiddagstime **før** makstime (Kr pr biltur)

Fra		Til:								
Sonegruppe:	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Asker, Bærum	1	11	<b>156</b>	<b>72</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>45</b>	11	<b>46</b>	<b>121</b>
Follo, Nesodden, Enebakk	2	<b>67</b>	-	<b>58</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>15</b>	<b>47</b>	<b>21</b>	5
Romerike	3	<b>50</b>	<b>92</b>	10	<b>17</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>45</b>	8	<b>72</b>
Oslo indre by	4	32	130	42	-	11	27	31	23	92
Oslo vest i.f. bomringen	5	33	131	38	1	3	22	13	23	94
Oslo øst i.f. bomringen	6	47	107	34	9	8	10	35	6	64
Oslo ytre vest	7	22	<b>140</b>	<b>51</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>30</b>	8	<b>36</b>	<b>108</b>
Øvre Groruddalen	8	<b>46</b>	<b>117</b>	21	<b>4</b>	-	<b>8</b>	<b>23</b>	3	<b>80</b>
Oslo ytre sør	9	<b>43</b>	22	<b>38</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	51	7	2

Tabell 6 viser at de eksterne køknostnader er meget høye for en del relasjoner, spesielt gjelder dette turer som går til Sørkorridoren (sonegruppe 2 og 9) hvor det er til dels betydelige kapasitetsproblemer om ettermiddagen.

Tabell 7 viser samme mønster som Tabell 6 og igjen ser vi at det er bilturer til Sørkorridoren som har de høyeste marginalknostnader. Vi ser også at det på ettermiddagen er en del sonerelasjoner (spesielt fra sonergruppe 4-6, dvs innenfor bomringen) som har meget høye marginale knostnader, men hvor man i dag ikke betaler i bomringen. På samme måte som for morgenrushet får vi tydelig demonstrert retningsbalansen i trafikken. Marginalknostnaden for turer som går fra Oslo indre by (sone 4) er jevnt over betydelig høyere enn for turer som går til den samme sonen.

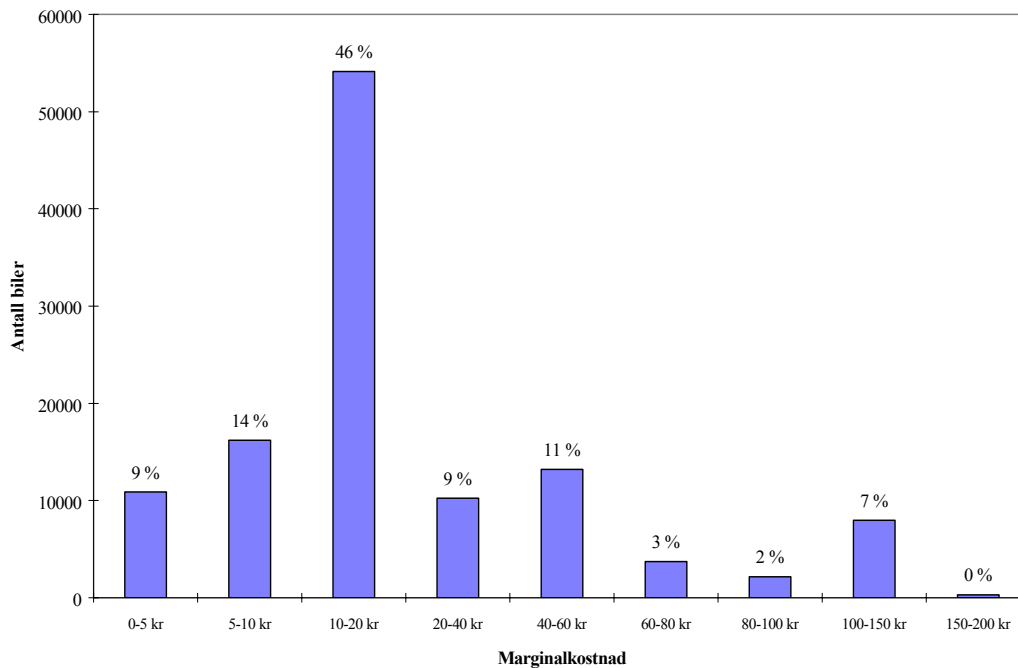
I forhold til morgenrushet har ettermiddagsrushet større belastning på vegnettet og de mest belastende bilturene har mye høyere marginalknostnad. Men som vi ser av figur 2 har også nesten 70 prosent av bilturene i ettermiddagsrushet marginalknostnad i området 0-20 kr.

9 prosent av turene kjøres på relasjoner hvor marginalknostnadene overstiger 80 kroner.

Tabell 7: Gjennomsnittlige marginale køstkostnader for bilturer mellom områder i Oslo/Akershus. Ettermiddag makstime. (Kr pr biltur)

Fra		Til								
Sonegruppe:	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Asker, Bærum	1	13	<b>171</b>	<b>83</b>	17	23	51	20	<b>55</b>	<b>142</b>
Follo, Nesodden, Enebakk	2	<b>71</b>	4	<b>67</b>	<b>16</b>	<b>27</b>	<b>19</b>	<b>56</b>	<b>30</b>	11
Romerike	3	<b>67</b>	<b>108</b>	11	7	<b>22</b>	<b>33</b>	<b>54</b>	5	<b>101</b>
Oslo indre by	4	45	<b>150</b>	60	6	10	41	31	21	<b>109</b>
Oslo vest i.f. bomringen	5	41	<b>148</b>	61	2	9	36	18	27	<b>117</b>
Oslo øst i.f. bomringen	6	51	<b>122</b>	42	12	5	19	51	5	<b>82</b>
Oslo ytre vest	7	24	<b>161</b>	<b>66</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>34</b>	12	<b>40</b>	<b>130</b>
Øvre Groruddalen	8	<b>51</b>	<b>128</b>	30	4	<b>16</b>	<b>19</b>	<b>45</b>	9	<b>103</b>
Oslo ytre sør	9	<b>53</b>	30	<b>54</b>	<b>13</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	<b>59</b>	<b>18</b>	11

Figur 2: Antall bilturer mellom områder i Oslo/Akershus etter gjennomsnittlige marginale køstkostnader. Ettermiddag makstime.



Tabell 8: Gjennomsnittlige marginale køknostnader for bilturer mellom områder i Oslo/Akershus. Ettermiddagstime *etter* makstime. (Kr pr biltur)

Fra		Til								
Sonegruppe:	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Asker, Bærum	1	9	<b>120</b>	<b>54</b>	<b>24</b>	<b>17</b>	<b>35</b>	7	<b>35</b>	<b>102</b>
Follo, Nesodden, Enebakk	2	<b>50</b>	2	<b>42</b>	<b>9</b>	<b>24</b>	<b>2</b>	<b>41</b>	<b>16</b>	3
Romerike	3	<b>39</b>	<b>73</b>	4	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>42</b>	5	<b>61</b>
Oslo indre by	4	37	109	33	5	-	25	20	17	70
Oslo vest i.f. bomringen	5	26	106	40	2	-	23	12	17	67
Oslo øst i.f. bomringen	6	39	77	20	9	11	9	30	8	38
Oslo ytre vest	7	13	<b>111</b>	<b>45</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>21</b>	3	<b>17</b>	<b>80</b>
Øvre Groruddalen	8	<b>34</b>	<b>78</b>	9	-	<b>4</b>	-	<b>32</b>	4	<b>55</b>
Oslo ytre sør	9	<b>42</b>	20	<b>28</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>33</b>	<b>13</b>	6

Tabell 8 er svært lik Tabell 7, men med noe lavere nivå på kostnadene. Igjen er det turer til Sørkorridoren (sonegruppe 2 og 9) som har de høyeste kostnader. I de nærmeste år vil det gjennomføres en del store vegprosjekter som vil bedre kapasiteten i denne korridor, og trolig bringe kostnadene mer på linje med det de er i andre korridorer.

Det som i Tabell 9 er betegnet som en time med lavtrafikk kan betraktes som et gjennomsnitt av timetrafikken for kvelden på virkedager og lørdager og søndager.

I lavtrafikkperioder er de marginale køknostnader meget moderate som Tabell 9 viser. Med såvidt små tall blir også usikkerheten i tallene relativt stor. Køknostnadene avhenger her dessuten mer av turlengden enn av hvor turen foregår. Dette innebærer egentlig at det som er av køknostnader i lavtrafikk kan dekkes inn gjennom en liten drivstoffavgift. Et eget «køavgift-system» som skal dekke lavtrafikkperioder vil neppe kunne gi en gevinst som forsvarere kostnadene ved å operere systemet i disse perioder.



Tabell 9: Gjennomsnittlige marginale køknostnader for bilturer mellom områder i Oslo/Akershus. Time med lavtrafikk. (Kr pr biltur)

Fra		Til:								
Sonegruppe:	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Asker, Bærum	1	1	8	5	2	2	4	1	5	6
Follo, Nesodden, Enebakk	2	7	-	6	4	6	4	6	6	1
Romerike	3	4	4	-	2	2	1	4	1	2
Oslo indre by	4	1	5	2	-	1	1	2	2	3
Oslo vest i.f. bomringen	5	1	4	2	-	-	1	1	2	3
Oslo øst i.f. bomringen	6	3	3	1	1	1	-	3	1	1
Oslo ytre vest	7	1	6	3	2	1	3	1	4	5
Øvre Groruddalen	8	5	5	1	3	2	2	4	1	4
Oslo ytre sør	9	5	1	3	3	3	1	5	3	-

Alle marginalkostnader i dette avsnitt er som nevnt beregnet ved å øke trafikken på ulike reiserelasjoner etter tur med 500 turer, mens Tabell 1 er basert på beregninger hvor totalt antall turer *reduseres* med 10 %. Utfra beregningsmåten burde vi finne at veiet marginalkostnad fra tabellene i dette avsnitt lå litt høyere enn de kostnader som er beregnet i Tabell 1. Dette stemmer også. Veiet marginalkostnad fra Tabell 5 gir kr 18.70 mot kr 18 i Tabell 1, mens veiet for Tabell 13 gir kr 26.80 og Tabell 1 gir kr 24.

## 2.3 Eksterne køknostnader for vegtrafikken i Trondheimsområdet

### 2.3.1 Eksterne køknostnader for en gjennomsnittstur i Trondheim

Tabell 10 viser resultatene av en beregning av gjennomsnittlige køknostnadene for seks trafikkperioder i løpet av et typisk virkedøgn. På samme måte som for Oslo/Akershus, har marginalkostnadene for hver av timene fremkommet ved at totale tids- og kjørekostnader først er beregnet for den faktiske trafikkbelastningen, deretter for en belastning som er 10% lavere for alle sonerelasjonene, og så er differansen dividert på det antall bilturer som 10% utgjorde av den opprinnelige belastningen.

Som for Oslo er marginalkostnadene høyere i rushtimene om ettermiddagen enn i rushtimene om morgenen. Forskjellene mellom morgen og ettermiddag er ikke så store i Trondheim, og størrelsen på de marginale køknostnadene i Trondheim er rundt halvparten om morgenen og rundt en tredel om ettermiddagen, i forhold til de tilsvarende i Oslo.

Tabell 10: Total biltrafikk (ikke soneinterne turer) i Trondheim. Antall bilturer på vegnettet og gjennomsnittlig marginal køstkostnad for seks typiske trafikksituasjoner.

Trafikkperiode	Antall bilturer pr time totalt (1000)	Gj.snittlig ekstern marginal køstkostnad for alle bilturer (kr)
Morgen før makstime	19	3
Morgen makstime	38	8
Morgen etter makstime	30	5
Ettermiddag før makstime	34	3
Ettermiddag makstime	53	9
Ettermiddag etter makstime	47	7

### 2.3.2 Eksterne køstkostnader for ulike relasjoner og perioder

I Vedlegg 2 vises antall bilturer i rushtrafikkperioder mellom grupperinger («storsoner») av de opprinnelige 133 trafikksoner («småsoner») som Trondheim med omegn er inndelt i.

Marginalkostnadene for bilturer på disse relasjonene er vist i Tabell 11 og 12.

Nøyaktig samme prosedyrer som ved beregningene for Oslo/Akershus er fulgt. Det vil si at for hver kombinasjon av «storsoner» er det lagt til 500 biler etter tur. Disse er så fordelt proporsjonalt på de kombinasjonene av «småsoner» som inngår, og den totalte kostnadsøkningen for de opprinnelige turene er så dividert med 500. Det vil si at for å produsere én timesmatrise med gjennomsnittlige marginale køstkostnader, er det i EMME/2 gjort  $2 \times 80 = 160$  nettutlegginger.

Resultatene virker i det store og hele rimelige, både vurdert i forhold til de for Oslo, og vurdert separat for Trondheim. Hvis vi f.eks. ser på marginalkostnadene i makstimen morgen, så er kostnader høyere enn 50 kr forbundet med relativt lange reiseavstander fra soner i ytterområdene og til Midtbyen og tilgrensende soner i indre deler av byen. Tilsvarende finner vi de høyeste marginalkostnader i makstimen ettermiddag i de motsatte retningene. I denne timen opptrer det kostnader på over 50 kr mellom noen flere relasjoner.

Tabell 11: Gjennomsnittlige marginale køstnader for bilturer mellom områder i Trondheim (kr). Morgentimer.

**Morgen før makstime**

Fra		Til								
Sonegruppe	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Midtbyen	1	0	1	1	0	2	1	1	3	2
Lade, Rosenborg, Strindheim	2	3	1	2	3	0	1	2	3	2
Øya, Singsaker, Nardo, Berg-Tyholt	3	3	2	1	2	1	1	0	1	2
Ila, Sverresborg, Byneset	4	5	5	5	0	5	4	1	1	3
Charlottenlund, Ranheim, Malvik	5	5	1	3	4	0	2	3	2	1
Risvollan, Nidarvoll, Jonsvatnet	6	5	2	2	2	0	0	1	1	2
Sjetnemarka, Halset, Byåsen, Flatåsen, Saupstad, Tillerbyen, Heimdal	7	7	5	4	2	4	3	0	2	3
Klæbu, Melhus, Skaun	8	14	13	11	9	7	7	7	1	0
Eksternt	9	10	6	8	10	3	6	8	1	

**Morgen makstime**

Fra		Til								
Sonegruppe	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Midtbyen	1	4	4	6	1	10	10	9	17	14
Lade, Rosenborg, Strindheim	2	28	11	17	24	8	9	14	18	16
Øya, Singsaker, Nardo, Berg-Tyholt	3	28	11	12	15	8	6	8	11	10
Ila, Sverresborg, Byneset	4	51	52	49	7	45	37	7	13	27
Charlottenlund, Ranheim, Malvik	5	44	16	30	27	6	14	23	10	6
Risvollan, Nidarvoll, Jonsvatnet	6	39	18	21	18	6	5	8	6	15
Sjetnemarka, Halset, Byåsen, Flatåsen, Saupstad, Tillerbyen, Heimdal	7	54	48	45	13	38	28	10	12	17
Klæbu, Melhus, Skaun	8	77	66	61	34	41	43	31	5	6
Eksternt	9	58	34	48	39	20	28	28	6	

**Morgen etter makstime**

Fra		Til								
Sonegruppe	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Midtbyen	1	2	2	1	0	2	4	1	6	5
Lade, Rosenborg, Strindheim	2	6	0	4	7	2	3	6	6	3
Øya, Singsaker, Nardo, Berg-Tyholt	3	10	1	5	3	1	1	3	3	3
Ila, Sverresborg, Byneset	4	16	19	20	2	20	16	2	4	13
Charlottenlund, Ranheim, Malvik	5	15	4	11	10	1	2	6	2	1
Risvollan, Nidarvoll, Jonsvatnet	6	15	5	7	5	2	0	2	0	3
Sjetnemarka, Halset, Byåsen, Flatåsen, Saupstad, Tillerbyen, Heimdal	7	19	20	18	3	14	9	3	2	7
Klæbu, Melhus, Skaun	8	36	28	29	16	14	16	12	0	0
Eksternt	9	21	15	22	17	8	10	12	1	

Tabell 12: Gjennomsnittlige marginale køstnader for bilturer mellom områder i Trondheim (kr). Ettermiddag.

**Ettermiddag før makstime**

Fra		Til								
Sonegruppe	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Midtbyen	1	3	11	11	10	25	20	14	28	25
Lade, Rosenborg, Strindheim	2	5	4	7	16	14	12	14	24	18
Øya, Singsaker, Nardo, Berg-Tyholt	3	5	9	7	16	17	12	13	20	21
Ila, Sverresborg, Byneset	4	1	12	5	0	21	7	5	16	15
Charlottenlund, Ranheim, Malvik	5	6	1	6	14	1	1	10	13	1
Risvollan, Nidarvoll, Jonsvatnet	6	5	4	4	10	6	1	8	12	13
Sjetnemarka, Halset, Byåsen, Flatåsen, Saupstad, Tillerbyen, Heimdal	7	5	10	3	4	13	3	4	13	14
Klæbu, Melhus, Skaun	8	10	15	7	5	9	3	4	3	6
Eksternt	9	9	8	9	10	5	7	9	2	

**Ettermiddag makstime**

Fra		Til								
Sonegruppe	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Midtbyen	1	0	45	38	61	99	73	73	102	89
Lade, Rosenborg, Strindheim	2	11	9	20	66	55	46	61	81	56
Øya, Singsaker, Nardo, Berg-Tyholt	3	2	24	20	60	65	45	52	71	74
Ila, Sverresborg, Byneset	4	2	33	18	2	65	28	12	37	32
Charlottenlund, Ranheim, Malvik	5	15	4	10	55	4	2	39	37	8
Risvollan, Nidarvoll, Jonsvatnet	6	14	8	4	32	26	4	23	37	30
Sjetnemarka, Halset, Byåsen, Flatåsen, Saupstad, Tillerbyen, Heimdal	7	12	21	7	6	40	9	9	24	26
Klæbu, Melhus, Skaun	8	23	26	15	13	34	11	12	3	1
Eksternt	9	16	11	20	29	9	17	16	5	

**Ettermiddag etter makstime**

Fra		Til								
Sonegruppe	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Midtbyen	1	3	28	23	34	63	47	43	70	58
Lade, Rosenborg, Strindheim	2	8	7	14	40	35	27	38	57	36
Øya, Singsaker, Nardo, Berg-Tyholt	3	7	15	11	38	42	24	33	52	49
Ila, Sverresborg, Byneset	4	0	23	13	2	43	17	7	30	29
Charlottenlund, Ranheim, Malvik	5	9	3	7	35	2	3	29	30	2
Risvollan, Nidarvoll, Jonsvatnet	6	9	6	4	24	16	1	14	25	20
Sjetnemarka, Halset, Byåsen, Flatåsen, Saupstad, Tillerbyen, Heimdal	7	7	14	7	6	30	7	5	21	20
Klæbu, Melhus, Skaun	8	17	22	12	10	21	9	9	4	3
Eksternt	9	12	11	13	19	6	14	14	0	

## 3 Illustrasjon av vegvalgseffekter

### 3.1 Gevinster ved bedre vegvalg

Sett at en biltrafikanter har valget mellom to kjøreruter (A og B) mellom to steder i et byområde. Kjørerute A innebærer en kostnad i form av reisetid og utgifter på 30 kr, men det er kø på deler av kjøreruten. Reiserute B er lenger og trafikanten regner med en kostnad på 35 kr for denne kjørerute hvor det imidlertid ikke er kø. Hvis trafikanten velger kjøreruten som er billigst for ham selv vil han velge A. Siden det er kø på deler av denne ruten vil han forsinke den øvrige trafikk i systemet og påføre denne trafikk ekstra kostnader. Hvis kostnadene for den øvrige trafikk øker med mer enn 5 kroner hvis rute A velges, vil totalkostnadene for trafikken i systemet bli mindre dersom trafikanten i stedet velger kjørerute B selv om denne kjørerute for trafikanten selv er dårligere.

Sett at den marginale køkostnad for rute A er 10 kr. Da vil totalkostnaden for systemet bli 5 kr mindre dersom B velges. Dette valg vil man få med en køavgift på 10 kr for bruk av rute A. Da vil kostnaden for kjørerute A bli 40 kr og for B fortsatt 35 kr.

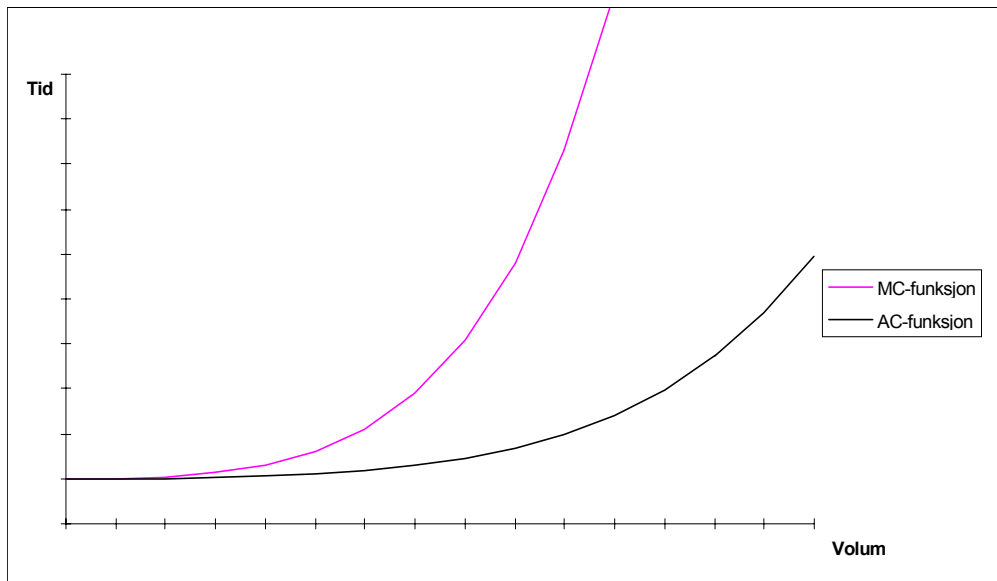
Et avgiftssystem som på en effektiv måte til enhver tid stimulerer til «riktige» vegvalg er trolig det vanskeligste å etablert i praksis. Et slikt system vil kreve betydelig mer ressurser, informasjonsinnhenting og -behandling enn et system hvor hovedvekten legges på å påvirke totalt antall turer, reimiddelvalg og/eller tidspunkt for reiser. Desto viktigere er det å få en formening om de potensielle gevinster som måtte ligge i å påvirke trafikantenes vegvalg i retning av det samfunnsmessig «riktige».

Det er klart at i visse situasjoner kan gevinstene være betydelige og det er lett å konstruere enkle eksempler som viser betydelige gevinster i form av reduserte tidskostnader for en gitt trafikk dersom en del av trafikantene skifter vegvalg. Generelt vil de potensielle gevinster være størst når man har en del av et vegsystem hvor det er store køproblemer og en betydelig del av trafikantene samtidig har forholdsvis gode omkjøringsmuligheter på en del av vegen hvor det ikke er problemer med trafikkavviklingen.

Vegvalgseffekter kan man studere isolert ved å forutsette «perfekt» vegprising i et system hvor etterspørselen er gitt i form av en matrise for bilturer. «Perfekt» vegprising kan simuleres ved å erstatte de gjennomsnittskostnadsfunksjoner som brukes for veglenker i EMMA med de tilhørende marginalkostnadsfunksjoner. De vegvalg som modellen genererer med disse funksjoner er «optimale» vegvalg i den forstand at de minimaliserer kostnaden ved å avvikle en gitt trafikk.

De to funksjonstyper kan illustreres som i Figur 1. Forskjellen mellom AC-kurven og MC-kurven for et gitt trafikkvolum representerer den kostnad som skal dekkes inn gjennom en avgift. Vi ser at differensen øker sterkt ved stigende trafikkvolum. MC-kurven er også vesentlig brattere en AC-kurven ved høye trafikkvolum. Beregningsteknisk innebærer dette at en trafikkfordeling med MC-funksjoner er mer krevende i den forstand at det går vesentlig flere iterasjoner før man finner en tilstrekkelig nøyaktig løsning.

Figur 3: Vd-funksjon for gjennomsnittlig (AC) og marginal (MC) kostnad på en veglenke.



Vi har sett på vegvalgseffekter for biltrafikken ved å legge ut de samme trafikkvolumer med og uten den optimale prising i vegnettet. I EMMA gjøres en optimal trafikkfordeling ved at bilturene legges ut på vegnettet etter billigste veg basert på marginalkostnadsfunksjonene. Den likevekt som da beregnes innebærer at alle kjøreruter som blir benyttet mellom to punkter har samme marginalkostnad og denne marginalkostnad er større enn tilsvarende for kjøreruter som ikke blir benyttet.

Som et resultat av trafikkfordelingen får vi volum og marginalkostnad på hver lenke. Disse data kopieres til et nytt EMMA-scenario. Der beregnes kjøretider for de optimale volumene ved hjelp av de vanlige kostnadsfunksjonene (AC-funksjonene). Ved å summere (gjennomsnittskostnad  $\cdot$  volum) for alle lenker finner vi totalkostnaden med optimale vegvalg. Optimal avgift er differensen mellom gjennomsnittskostnad og marginalkostnad. Total avgiftsinntekt kan da også beregnes ved å summere (avgift  $\cdot$  volum) for alle lenker.

Siden vi benytter en likevektsmodell vil man ikke få et entydig svar på hvor mye som må betales i avgift for en tur mellom to punkter i et byområde. Det kan være flere kjøreruter som gir samme sum for kjørekostnader, tidkostnader og avgift (ekstern køknostnad) og fordelingen av turene på disse

kjøreruter er generelt ikke determinert. I teorien kan man derfor generelt heller ikke beregne gjennomsnittsavgiften for turer på en viss relasjon.

De totale generaliserte kostnader for trafikken fordelt med hhv AC- og MC funksjoner kan så sammenlignes og vil indikere en rendyrket «vegvalgsgevinst».

### 3.1.1 Oslo

Vi har beregnet vegvalgseffektene for makstimen i morgenrushet og for timen forut for makstimen. Resultatene for Oslo/Akershus er vist i Tabell 13.

Tabell 13: Vegvalgseffekter for biltrafikken i Oslo/Akershus i to ulike perioder om morgenen. Beløp i millioner kr pr time.

Scenario	Totale tids- og kjørekostnader for biltrafikken			Avgift for eks- terne køstkostnader
	Uten optimal vegprising	Med optimal vegprising	Relativ endr. ved opt prising	
Morgen makstime	4.11	4.05	-1.5 %	2.47
Morgen før makstimen	1.96	1.94	-1.0 %	0.55

Som vi ser av Tabell 13 finner vi ingen dramatiske effekter på total tids- og kjørekostnad av vegvalget ved optimal prising. Dette kan ha sin forklaring i at omkjøringsmulighetene ikke er særlig store på de relasjonene som etterspørres i morgentrafikken, slik at bilene bare kan presses over på veger som allerede er ganske belastet. Effekten for rushtimen med 86 tusen bilturer blir relativt sett ikke mye forskjellig fra timen før hvor trafikken er betydelig mindre. Derimot viser kjøringene, som ventet, at de eksterne marginale køstkostnadene er mye høyere ved største trafikkbelastning. I makstimen beregnes avgiften til mer enn 60 prosent i forhold til tids- og kjørekostnadene. For timen før er forholdet 30 prosent.

Ut fra Tabell 13 kan vi konkludere at de «rene» vegvalgsgevinster ved «optimal» vegprising se ut til å være *relativt* beskjedne for trafikken i Oslo/Akershus. For de andre trafikksituasjoner som er behandlet i avsnitt 2.1 og 2.2 kan vi regne med potensielle sparelser som prosentvis er av samme størrelsesorden som dem som er presentert i Tabell 18. Vi skal imidlertid være oppmerksom på at selv med prosentvis små besparelser pr time så kan kostnadsbesparelsen totalt sett bli relativt stor på årsbasis.

Hvis vi for eks antar at besparelsen i morgentimen etter makstimen er 0.03 Mill kr pr time, så summerer 3 timersperioden seg opp til 0.11 Mill kr. Anta at en gjennomsnittstime midt på dagen også kan oppnå en besparelse på 0.03 Mill kr i forbindelse med «optimale» vegvalg og at denne situasjon motsvarer 5.5 timer pr virkedag. Hvis vi for 3 timer ettermiddagsrush i tillegg kan anta at besparelsen er 50 % høyere enn for de 3 timer på morgenen, vil besparelsen for en «normal» virkedag bli  $(0.11 + 0.03 \cdot 5,5 + 0.11 \cdot 1,5)$  Mill kr = 0,44 Mill kr. Med 230 «normale» virkedager pr år vil da

«optimale» vegvalg kunne gi en årlig besparelse av størrelsesorden 100 Mill kr. Besparelser av denne størrelsesorden vil i og for seg kunne rettferdiggjøre relativt høye systemkostnader.

### 3.1.2 Trondheim

Tabell 14 viser hvilke resultater som kom frem for Trondheim, etter at prosedyrene utviklet ved TØI for EMME/2 for å rendyrke «vegvalgsgevinsten» hadde blitt anvendt. I prinsippet går dette ut på å beregne forskjellen på systemoptimal og brukeroptimal nettutlegging.

Tabell 14: Vegvalgseffekter for biltrafikken i Trondheim i seks ulike tidsperioder. Beløp i 1000 kr pr time.

Trafikkperiode	Totale tids- og kjørekostnader for biltrafikken		Relativ endring ved optimal vegprising
	Uten optimal vegprising	Med optimal vegprising	
Morgen før makstime	422	421	-0,2 %
Morgen makstime	1035	1014	-2,0 %
Morgen etter makstime	710	700	-1,4 %
Ettermiddag før makstime	693	684	-1,3 %
Ettermiddag makstime	1370	1340	-2,2 %
Ettermiddag etter makstime	1093	1074	-1,7 %

Effektene er beregnet for de samme seks timene på dagen som foran. Vi ser at det er relativt små prosentvise endringer, og sammenlignet med beregningene for Oslo, noe større i makstimen morgen og mindre i morgentimen før makstimen. Tabell 15 viser de absolutte beløpene. Disse gir grunnlag for å foreta en anslagsberegning av besparelse på årsbasis. Hvis vi antar at netto besparelse i en gjennomsnittstime midt på dagen ligger på 6000 kr, og at denne situasjonen tilsvarer 5,5 timer på døgnbasis og at vi har 230 normale virkedøgn pr år, får vi:

$$\text{Årlig besparelse: } [0,032 + 0,006 \times 5,5 + 0,058] \times 230 \text{ mill kr} = 28 \text{ mill kr}$$

Til sammenligning ble altså tilsvarende besparelse for Oslo anslått til 100 mil kr.



Tabell 15: Besparelser ved optimalt vegvalg i Trondheim.  
Beløp i 1000 kr pr time.

---

Trafikkperiode	Netto besparelse
Morgen f�r makstime	1
Morgen makstime	21
Morgen etter makstime	10
Ettermiddag f�r makstime	9
Ettermiddag makstime	30
Ettermiddag etter makstime	19

---

## 4 Effekter av å skyve trafikk i tid

### 4.1 Gevinster ved forskyvning av trafikk i tid

Et avgiftssystem som stimulerer til forskyvning av reiser i tid er forholdsvis enkelt å etablere f.eks. i tilknytning til en bomring. For å reddyke dette har vi sett på effektene på tids- og kjørekostnadene i en situasjon hvor antall bilreiser i rushtrafikken ikke endres, men hvor totaltrafikken fordeles jevnere innenfor 3-timersperiodene om morgenen og ettermiddagene.

#### 4.1.1 Oslo

Vi har fra mest trafikkerte time i morgen- og ettermiddagsrushet flyttet trafikk over til timene i før- og etterkant hvor belastningene er mindre. I morgenrushet er det en klar trafikktopp i timen fra ca kl 7 til 8.

Ved å endre på etterspørselsmatrisene for morgentrafikken har vi tatt 20 prosent av bilturene i toptimen og fordelt disse likt på de to andre morgentimene. I ettermiddagsrushet er trafikken jevnere fordelt over tre timer og også mye større enn om morgenen. Fra ettermiddagsrushet har vi forskjøvet 10 prosent av turene fra makstimen og fordelt dette likt på timene før og etter.

Totale tids- og kjørekostnader for all trafikken i systemet er beregnet etter nettverksutlegninger med trafikkmatiser for situasjonene før og etter tidsforskyvningene. I EMMA lagres resultatene for kjøretid og trafikkvolum for hver lenke i nettverket. Når vi regner at generaliserte reisekostnader med bil er 1 km = 1 min = 1 kr, beregnes totalkostnaden til

$$(\text{kjøretid} + \text{lenkelengde}) \cdot \text{volum}$$

for summen av alle lenkene som tar biltrafikk.

Effektene for tids- og kjørekostnadene ved tidsforskyvningene av biltrafikken er vist i Tabell 16.

Tabell 16: Bilturer og tids- og kjørekostnader før og etter forskyvning av trafikk i morgen- og ettermiddagsrushet.

Trafikksituasjon:	Antall bilturer (ikke soneinterne) før og etter forskyvning (1000)		Totale tids- og kjørekostn. før og etter forskyvning (mill kr)		Endring i kostnadene etter forskyvning (1000 kr)
	Før	Etter	Før	Etter	
Morgen før makstime	54.6	63.3	2.0	2.4	440
Morgen makstime	86.3	69.0	4.1	3.1	-1 041
Morgen etter makstime	61.9	70.5	2.2	2.6	456
Sum 3 morgentimer	202.8	202.8	8.2	8.1	-145
Etterm. før makstime	116.9	123.1	4.5	4.9	391
Ettermiddag makstime	122.9	110.6	4.9	4.1	-753
Etterm. etter makstime	109.5	115.6	4.0	4.4	356
Sum 3 etterm.timer	349.3	349.3	13.4	13.4	-6

Resultatene av kjøringene viser en liten effekt for de tre morgentimene, som relativt er omtrent på nivå med vegvalgseffektene med optimal prising. De store besparelsene som oppnås når 20% av bilene forsvinner fra makstimen, spises nesten opp av kostnadene ved dårligere framkommelighet i de andre timene.

Om ettermiddagen er vegnettet så fullt over lang tid at én times forskyvning av trafikk ga tilnærmet null effekt for de tre timene samlet sett. For å oppnå lavere tids- og kjørekostnader for denne trafikken, må bilturer flyttes fra rushtimene til senere ut på kvelden. De mest fleksible bilreisene i så måte er sannsynligvis de som ikke er reiser fra arbeid. Trafikken om ettermiddagen er av mer sammensatt mht reiseformål enn om morgenen.

Maksimal effekt av forskyvning vil man få dersom trafikken ble fordelt likt på 3 timer morgen og ettermiddag. Dette ville gitt noe større gevinster enn det som er vist i Tabell 19 når det gjelder generaliserte reisekostnader. På den annen side har folk preferenser mht reisetidspunkt slik at endring i tids- og kjørekostnader ved forskyvning i tid ikke nødvendigvis representerer en netto samfunnsøkonomisk gevinst.

Multipliserer vi opp besparelsene for morgen og ettermiddag i Tabell 19 med 230 dager, får vi imidlertid et beløp av størrelsesorden 35 Mill kr på årsbasis, dvs omkring 1/3 av vegvalgseffekten.

Når det gjelder effekter av å redusere totaltrafikken i systemet så vil denne avhenge av hvor stor reduksjonen blir. Her vil det også bli et velferdstap for de trafikanter som «priser ut». Innfører man «optimal» vegprising vil man få gevinster som skyldes alle tre effekter (vegvalg, forskyvning i tid og reisemiddelvalg). Den samlede gevinst vil imidlertid bli mindre enn når man regner på hver av effektene isolert og summerer disse.

#### 4.1.2 Trondheim

Tabell 17 viser hva som skjedde i Trondheim når 20% av trafikken i de to makstimene ble tatt bort, og fordelt likt på timene før og etter. For hver av timene er naturlig nok endringene i kostnader mye mindre i Trondheim enn i Oslo. Det er interessant å merke seg at trafikforholdene i Trondheim er slik, at om ettermiddagen ble ikke effekten av reduserte kostnader i maks-timen «spist opp» av økte kostnader i timene før og etter.

Tabell 17: Bilturer og tids- og kjørekostnader før og etter forskyving av trafikk i morgen- og ettermiddagsrushet.

Trafikksituasjon:		Antall bilturer (ikke soneinterne) (1000)		Total tids- og kjørekostnader (1000 kr)		Endring i kostnadene (1000 kr)
		Før	Etter	Før	Etter	
Morgen	før makstime	19,3	23,1	422	520	98
	makstime	38,5	30,8	1029	743	-286
	etter makstime	29,7	33,6	709	836	127
<b>Sum 3 morgentimer</b>		87,5	87,5	2160	2099	-61
Ettermiddag	før makstime	34,3	36,9	690	763	73
	makstime	53,0	47,7	1362	1124	-238
	etter makstime	46,9	49,6	1090	1200	110
<b>Sum 3 ettermiddagstimer</b>		134,2	134,2	3142	3087	-55

Ved å multiplisere de samlede besparelsene for morgen og ettermiddag med 230 dager, får vi en årlig besparelse på 27 mill kr, altså av samme størrelsesorden som effekten av optimalt vegvalg, og ikke så mye mindre enn tilsvarende beløp beregnet for Oslo, som var 35 mill kr.

Dette er interessant med tanke på den lokalpolitiske interesse i Trondheim for prøveprosjekt med vegprising, hvor sterk prisdifferensiering om morgenen for å påvirke folks valg av reisetidspunkt er svært aktuelt...

## 5 Modellsimuleringer av alternative avgiftsopplegg for Oslo-området

### 5.1 Innledning

De foregående beregninger er eksterne køknostnader og potensielle besparelser er foretatt uten å ta hensyn til annen trafikantadferd enn den som er forbundet med vegvalg. Ved evaluering av konkrete opplegg for kjøprising må man også ta hensyn til hvor dette påvirker etterspørselen. I de følgende beregninger er dette gjort. Total etterspørsel, eller trafikk, mellom sonene er gitt. En gitt total etterspørsel for hver reiserelasjon er en forholdsvis realistisk forutsetning på kort sikt. På litt lenger sikt vil transportpolitiske tiltak også påvirke hvor folk velger bosted og arbeidssted. En del av trafikken kan betraktes som elastisk med hensyn på endringer i reisetider og knostnader. Denne trafikken kan velge å reise med privatbil i ulike tidsintervaller, eller med kollektive reisemiddel. Resten av trafikken er av ulike årsaker mer eller mindre bundet til sitt reisemiddel.

Denne mekanismen er forsøkt modellert med såkalte logitmodeller. I logitmodeller, slik som de her benyttes, bestemmes «markedsandelen» for ulike alternativer av transportkvalitet og reiseutgifter for alle de valgalternativer som er mulige. Transportmodellen består av 4 slike modeller som antas å være representative for 4 typiske trafikkperioder med ulik trafikk mht totalt antall turer, retningsfordeling og sammensetning på reiseformål. Modellene er kalibrert mot trafikksituasjonen i Oslo og Akershus i 1994/95.

De ulike avgiftssystemene er beskrevet ved hjelp av scenarier. Som referanse til de ulike scenariene har vi benyttet en situasjon med de fleste større vegprosjekter påbegynt innen 1997 representert i vegnettet og et kollektivtilbud hovedsakelig som i dag, representert i kollektivnettet. Dette er kombinert med en situasjon hvor dagens bomring ikke eksisterer.

Vi vil innledningsvis understreke at beregningene som er presentert i dette dokumentet ikke tar mål av seg til å gi eksakte svar på effekter på trafikken og samfunnsnyttene som følge av de tiltakene som er innbakt i de ulike scenariene. Beregningene vil imidlertid antyde størrelsesordenen på de effekter tiltakene har på trafikken og på de gevinstene som kan trekkes ut av ulike tiltak. Vi vil også prøve å antyde hvilke «mekanismer» som kan ventes å inntreffe når tiltakene iverksettes.

## 5.2 Transportmodellen

Modellsystemet som er benyttet i beregningene består som nevnt av 4 delmodeller. Delmodellene representerer 4 typiske trafikkperioder i Oslo og Akershus. To av disse modellene beskriver trafikksituasjonen i rushperiodene om morgenen og om ettermiddagen. Rushperiodene er delt inn i timesintervall for de 3 timene med mest trafikk. De to andre modellene beskriver trafikksituasjonen i «lavtrafikkperioder». Vi har en modell for trafikken i en gjennomsnittstime på dagtid, mellom rushperiodene, og en modell for trafikken i en gjennomsnittstime på kvelden og i helgene. Denne struktur er valgt fordi det i rushperioden kan være gunstig med en viss forskyvning av reiser i tid, mens det i perioder med lav belastning på systemet vil være lite å hente ved forskyvning i tid.

Modellsystemet simulerer de kortsiktige effektene av ulike transporttiltak. De totale transportstrømmene (bil+kollektiv) i de ulike periodene er eksogene størrelser i modellen. Lokalisering av hushold, arbeidsplasser og aktiviteter, turgenerering og destinasjonsvalg er ikke modellert. Modellene beskriver trafikantenes valg av reisemiddel, reiserute og reisetidspunkt (i rushtidene). I hver delmodell beregnes det enlikevektssituasjon som er karakterisert ved at ingen trafikant ønsker å endre sine valg av reisemiddel og reiserute. Det er ingen koblinger mellom delmodellene. Trafikanter som reiser i en rushperiode kan altså ikke velge å reise i en lavtrafikkperiode. Gitt at etterspørselen normalt er mer elastisk på lang enn på kort sikt, vil etterspørselseffekten av de tiltak som studeres vanligvis være noe større på litt lenger sikt enn det som fremkommer av modellberegningene. Dette vil bety også at de potensielle samfunnsøkonomiske gevinster blir større og at avgiftsinntektene blir noe mindre enn det man kan anslå utfra en modell som bare tillater kortsiktige tilpasninger.

Den totale etterspørselen er som nevnt eksogent gitt i modellsystemet i form av OD-matriser (fra/til-matriser). En del av etterspørselen lar vi imidlertid variere mellom alternativene. For alle valgalternativ skiller vi mellom etterspørsel som er uelastisk eller «bundet» til det konkrete alternativ og etterspørsel som er elastisk og påvirkes av endringer i generaliserte kostnader. Uelastiske kollektivtrafikanter er trafikanter som ikke har førerkort eller tilgang til bil i husholdningen. Uelastiske bilturer er turer som foretas med tunge biler og turer foretatt av bilførere som bruker bil i arbeid. Uelastiske bilturer betraktes som en «bakgrunnstrafikk» som bare belaster kapasiteten i vegsystemet. Den gjenværende etterspørsel velger mellom alternativene. Det vi her betegner som «uelastisk» trafikk vil i praksis også påvirkes noe av vegprising, kanskje i første rekke mht til valg av kjøretidspunkt for bilturer.

Beregningene er gjennomført innenfor EMMA-systemet, hvor den kombinerte algoritmen for beregning av elastisk etterspørsel og rutevalg basert på generaliserte kostnader er mest benyttet. I de to delmodellene for lavtrafikk kan denne algoritmen benyttes direkte. Modellformuleringen gir her en likevektssituasjon for reisemiddelvalg og rutevalg.

I rush-modellene beregnes sublikevekter for hver timesintervall. Likevekten i hele perioden er avhengig av de generaliserte reisetidene i alle timesintervall. Logitmodellene i de to rush-modellene er derfor knyttet sammen på følgende måte.

1. Beregn initiale generaliserte reisetider for bil i de tre timesintervallene og for kollektivtransport.
2. Beregn ny elastisk etterspørsel og nye generaliserte reisetider i tidsintervall  $t$ , basert på endrede bompengekostnader og initiale generaliserte reisetider i de andre timesintervallene.
3. Beregn ny elastisk etterspørsel i periode  $t-1$  basert på endrede bompengekostnader, ny generalisert reisetid i periode  $t$  og initial generalisert reisetid i periode  $t+1$ .
4. Beregn ny elastisk etterspørsel i periode  $t+1$  basert på endrede bompengekostnader, og nye generaliserte reisetider i periode  $t$  og  $t-1$ .
5. Beregn avvik mellom de nye og de gamle generaliserte reisetider for hvert timesintervall. Hvis store avvik i generaliserte reisetider; gå tilbake til trinn 2. Hvis små avvik beregn elastisk etterspørsel for hvert timesintervall basert på de nye generaliserte reisetidene og avslutt.

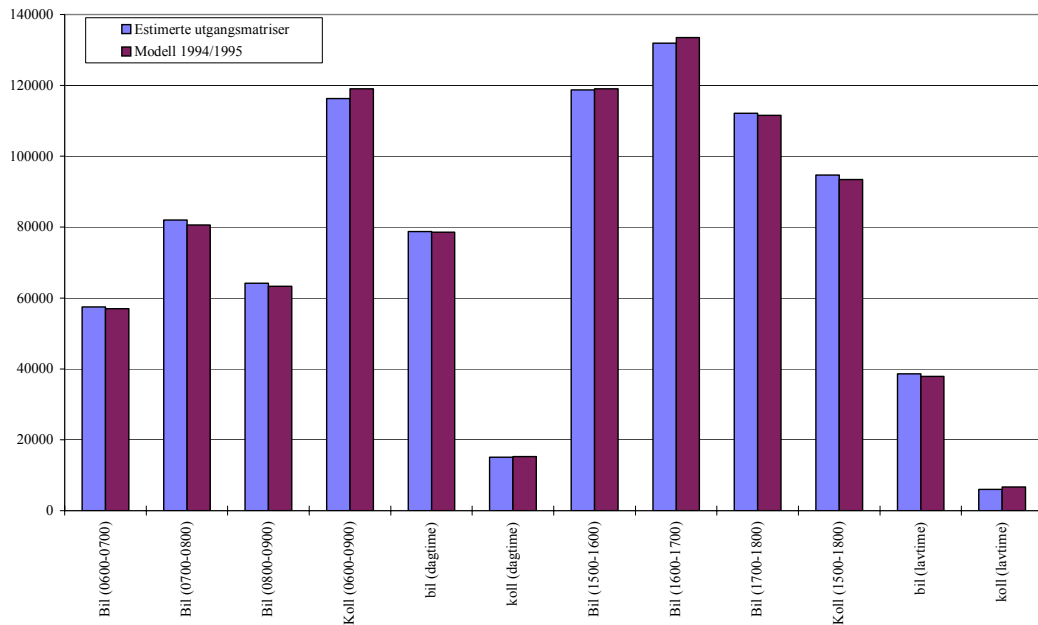
Denne iterasjonsprosedyren gir en total likevektstilstand for valg av reisetidspunkt, reisemiddel og reiserute. Parametrene i modellene vises i de to nyttefunksjonene som er spesifisert i vedlegget. Disse parametrene er valgt på bakgrunn av erfaringer fra omfattende modellestimeringer på reisevanedata for Oslo-regionen. De alternativspesifikke parametrene er kalibrert spesielt for dette prosjektet. I tråd med teorien er en av konstantene normalisert til null for hver modell.

### 5.3 Scenariene

Modellene er kalibrert mot trafikksituasjonen i Oslo og Akershus i 1994/95. Dette innebærer at modellene så godt som mulig skal gjenskape uavhengig estimerte OD-matriser for trafikken i 1994/95. De uavhengige matrisene er estimert på bakgrunn av data fra de siste reisevaneundersøkelsene som er gjennomført i Oslo-området, hensyn tatt til trafikktegninger (over bomringen for biltrafikk, og over bygrensen for kollektivtrafikk) fra den aktuelle perioden. I kalibreringen av modellene representerer transporttilbudet for bil- og kollektivtransport tilbudet slik det var i denne perioden (inkl kollektiv- og bomtakster).

Figur 4 under viser resultatet fra modellkalibreringene på aggregert nivå for totaltrafikken i Oslo-området. Diagrammet gir også et inntrykk av omfanget av trafikken i de ulike periodene over døgnet.

Figur 4: Trafikkvolumer i modellerte timesperioder i Oslo og Akershus.



Vi ser at nivået på biltrafikken en gjennomsnittlig virkedøgnstime midt på dagen nesten er like høyt som trafikknivået i maksimaltrafikktimen om morgenen, og faktisk høyere enn nivået i timen før og etter maksimaltrafikktimen på morgenen. Trafikken i dagtrafikktimen har imidlertid bedre retningsbalanse enn den sentrumsrettede rushtrafikken. Dette gjør at fremkommeligheten midt på dagen vanligvis er bedre enn i rushperioden. Biltrafikken i ettermiddagsrushet er en del større enn trafikken om morgenen. Dette skyldes dels at nivået på næringstrafikk er større om ettermiddagen, og dels at det gjennomføres en del andre ærend om ettermiddagen (en reise hjem fra arbeid via butikken blir i vår sammenheng regnet som en arbeid-handle-reise og en handle-hjem-reise).

#### A: Referansescenariet

I referansescenariet er vegnettet forbedret noe i forhold til det scenario som ble benyttet i kalibreringene. Alle vegprosjekter som er påbegynt innen 1997 er lagt inn i nettverkene. På kollektivsiden er full pendeldrift på T-banen lagt inn. Ellers forutsettes driftsopplegg for driftsartene som i 1994/95. I dette scenariet er bomringen i Oslo fjernet. Dette kan altså betraktes som en simulering av hva som vil skje med trafikken og utviklingen av denne hvis bomringen legges ned når lisensen til AS Fjellin utgår i 2007, men med trafikknivå som i 1994/1995.

#### B: Dagens avgiftssystem

Dette scenariet er identisk med referansescenariet med unntak av at trafikken på de relasjoner som krysser dagens bomring belastes med kr 8 pr passering i retning sentrum (dobbel pris for tunge kjøretøyer). Dette tilsvarer gjennomsnittlig kostnad for lette biler i 1995. Denne avgiften er konstant over døgnet som i dag. Av modelltekniske årsaker har vi forutsatt at trafikantene fordeler bomkostnaden likt på tur og retur, altså med kr 4 pr



retning for turer som ikke kjører gjennom bomringen. Gjennomgående turer f eks fra Romerike til Bærum f r full belastning med 8 kr siden slike turer også må betale 8 kr for returen.

### **C: Tidsdifferensiering av takstene over dagens bomring**

I dette scenariet varierer takstene over dagens bomring over tid. Slik effektene er modellert innebærer dette to-veis betaling av bomavgiften, og ikke en-veis som i dag. I dette scenariet er også antall betalingsstasjoner doblet i forhold til scenario B. Transportmodellen består som nevnt av 4 submodeller som representerer 4 typiske tidsperioder med ulikt trafikkbilde. Det er imidlertid ingen kobling mellom disse. I modellene kan vi derfor ikke f rskyve trafikk mellom disse periodene. Dersom tidsdifferensiering av bomtakstene blir implementert kan trafikantene i praksis velge å kjøre i maksimaltrafikkturen inn til sentrum og i en lavtrafikktime tilbake. Denne effekten tar modellene ikke hensyn til. Dette kan bety at modellene under vurderer effektene av dette tiltaket.

I dette scenariet betales kr 7.50 pr passering i timene før og etter maksimaltrafikkturene i morgen- og ettermiddagsrushet. I maksimaltrafikkturene i morgen- og ettermiddagsrushet betales kr 15, mens det i timene mellom rushperiodene midt på dagen (og i rushperiodene i skoleferien) betales kr 4 pr passering. Om kvelden og i lavtrafikkperiodene i helgene og ellers, kan trafikken passere bomringen gratis.

### **D: Køprising**

I dette scenariet simuleres effektene av «perfekt» køprising. Dette innebærer at bilistene forutsettes å betale en avgift som varierer med trafikkbelastningen i tid og rom og knyttes til trafikken på den enkelte veglenke. Mens en enkel bompengering og f rs vidt andre enkle systemer hvor betaling innkreves ved passering av visse «snitt» i vegsystemet ikke vil påvirke trafikantenes vegvalg, vil dette alternativ i tillegg til effekter på reisemiddelvalg og reisetidspunkt ha med en ikke ubetydelig vegvalgseffekt (jfr de grove anslag på potensielle vegvalgsgevinster for en *gitt* trafikk i Kapittel 3). I modellkjøringene for de andre scenariene forutsettes bilistene å basere sine vegvalg på minimering av sine egne tids- og kjørekostnader. Med «perfekt» vegprising vil det for hver veglenke være en avgiftskomponent som reflekterer den f rsinkelse som derved påføres annen trafikk på veglenken. Køprising, slik det er modellert i dette alternativ, lar seg i praksis ikke gjennomføre i  verskuelig framtid. Alternativet er i første rekke interessant som en referanse som praktisk gjennomførbare ordninger kan vurderes mot.

## **5.4 Resultater**

I dette avsnittet refereres resultatene fra modellsimuleringene av de 4 scenariene som er definert. Det er grunn til å understreke at det er snakk om modellsimuleringer, og ikke faktiske effekter. Beregningene bygger på en rekke forutsetninger og antakelser. De av disse som ikke fremgår av teksten under er presentert i Vedlegg 4.

Resultatene presenteres hovedsakelig i form av endringer i forhold til scenario A, referansealternativet.

#### 5.4.1 Endringer i etterspørsel

Som nevnt er modellene kalibrert mot trafikksituasjonen i 1994/95. Dette trafikknivået holdes kontant gjennom alle beregningene. Det er ikke tatt hensyn til trafikkvekst av mer eller mindre generell karakter, som følge av inntektsutvikling, prisendringer og bedret fremkommelighet. Effekter på etterspørselen skyldes derfor endret valg av reisemiddel og/eller reisetidspunkt som følge av de tiltak som er innarbeidet i de ulike scenariene. Totalt antall reiser på hver relasjon holdes med andre ord konstant innenfor hver modellperiode.

Morgenrushperioden består av maksimaltrafikktiden om morgenen og timen før og etter denne, altså 3 timer. I beregningene av effekter på årsbasis har vi regnet med at det er 230 slike perioder i året, hensyn tatt til redusert trafikk i forbindelse med sommerferieavvikling, offentlige h ytidsperioder og helger. Eller sagt på en annen måte, vi regner med at den rushtrafikk vi modellerer er typisk for 5 virkedager i 46 uker.

Figur 5 viser effektene av de ulike avgiftssystemene på årlig trafikkomfang summert over typiske morgenrushperioder. Vi legger merke til at total reduksjon i biltrafikk er lik økning i kollektivtrafikk. Dette er en konsekvens av modellformuleringen som innebærer konstant totaltrafikk. Man må regne med at trafikantene på noe lengre sikt vil tilpasse sine aktiviteter på en måte som gjør at både lokalisering av aktiviteter, turgenerering og destinasjonsvalg også vil endres noe.

I beregningene har vi forutsatt at de trafikantene som skifter fra bil til kollektivt reisemiddel i utgangspunktet kjører alene i bilen, slik at det ikke blir generert flere kollektivreiser fra en overført bilreise. I praksis er det også slik at de bilistene som kjører alene i bilen er mest elastisk i sin etterspørsel. Når to eller flere kjører i samme bil er gjennomsnittskostnaden pr person lavere og økte avgifter vil dermed i mindre grad slå ut i endret adferd.

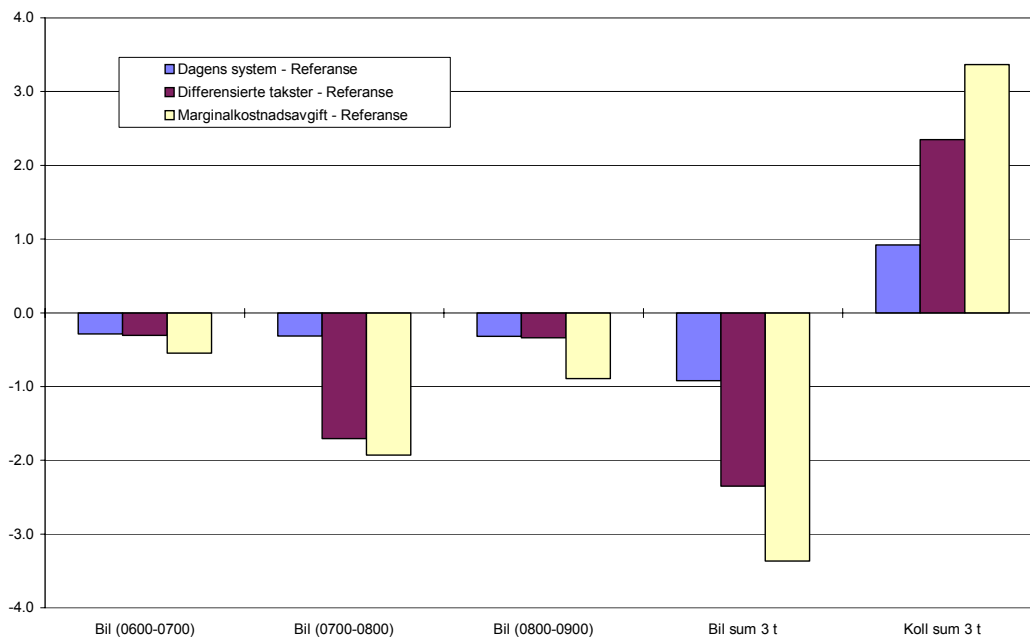
Vi ser at dagens flate bomavgiftssystem årlig overfører i underkant av 1 mill bilreiser til kollektivtransport i de tre timene som er definert som morgenrush, sammenliknet med en situasjon uten bomavgifter. Reduksjonen i bilreiser fordeler seg likt på de tre timene i rushperioden. Dette er imidlertid nettoeffekter. I et transportnettverk kan det oppstå mekanismer som kompliserer tolkningen av etterspørselseffektene.

Et bomavgiftssystem med bomstasjonene plassert som i dag, vil redusere antall reiser som passerer bomringen. I andre områder, som f.eks. internt i området innenfor bomringen, kan antall bilreiser reiser øke fordi mindre biltrafikk over bomringen gir bedre fremkommelighet i disse områdene. Det

kan imidlertid oppstå uventede effekter som skyldes at trafikantene kan treffe en rekke valg som i og for seg er rasjonelle, men effektene av disse valgene kompliseres ved at hvert valg er tilknyttet et nettverk som trafikantene kan bevege seg i. *Braess paradoks* er et kjent nettverksfenomen som kan nevnes i denne sammenheng. Kort forklart innebærer dette at dersom et vegnett tilføres kapasitet kan reisetidene for trafikken i systemet i under visse omstendigheter øke selv om trafikken holdes konstant.

Hvis bomavgiften i morgenrushperioden differensieres som beskrevet i avsnitt 5.3, vil omlag 2.3 mill reiser årlig overføres fra privatbil til kollektivtransport i morgenrushperioden. Reduksjonen i bilturer er størst i maksimaltrafikkperioden, med ca 1.7 mill pr år. Marginalkostnadsprisingen vil overføre mest bilister til kollektivtransport, omlag 3.4 mill pr år. Også i dette scenariet er reduksjonen størst i maksimaltrafikkperioden, med ca 1.9 mill bilreiser pr år, men reduksjonen i timene før og etter morgenrushet er vesentlig mindre.

Figur 5: Endringer i etterspørsel i perioden 0600-0900 fordelt på bil- og kollektivreiser (mill turer pr år)



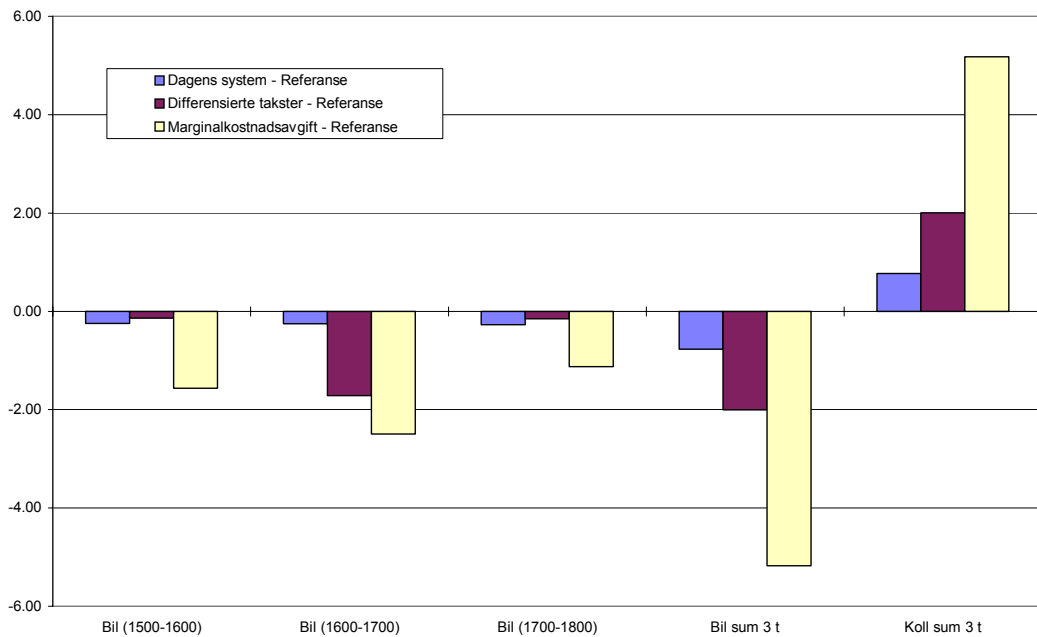
Ettermiddagsrushperioden består også av tre timer, maksimaltrafikkperioden og timen før og etter denne. Med samme begrunnelse som for morgenrushet har vi regnet med at det er 230 slike perioder i året. Figur 6 viser at vi vil oppnå de samme hovedeffekter i ettermiddagsrushet som i morgenrushet.

Vi merker oss spesielt at tidsdifferensierte takster bare gir små reduksjoner i biltrafikk i timen før og etter maksimaltrafikkperioden, og at dagens flate takster faktisk gir større reduksjoner i biltrafikk i disse timene. Dette skyldes i første rekke at differensierte takster overfører flere bilturer til disse timene fra maksimaltrafikkperioden. Mens flate takster gir en tilnærmet flat

reduksjon i biltrafikk i ettermiddagsrushet, sørger en differensiering av takstene for at trafikken i perioden blir mer jevnt fordelt over de tre timene.

Marginalkostnadsprising medfører i følge beregningene at omlag 5.2 mill bilturer pr år blir overført til kollektivtransport i ettermiddagsrushet. Reduksjonen i bilturer er størst i maksimaltrafikkperioden med ca 2.5 mill turer pr år, men reduksjonen i timen før og etter makstimen er hhv 1.6 og 1.1 mill turer pr år.

Figur 6: Endringer i etterspørsel i perioden 1500-1800 fordelt på bil- og kollektivreiser (mill turer pr år)



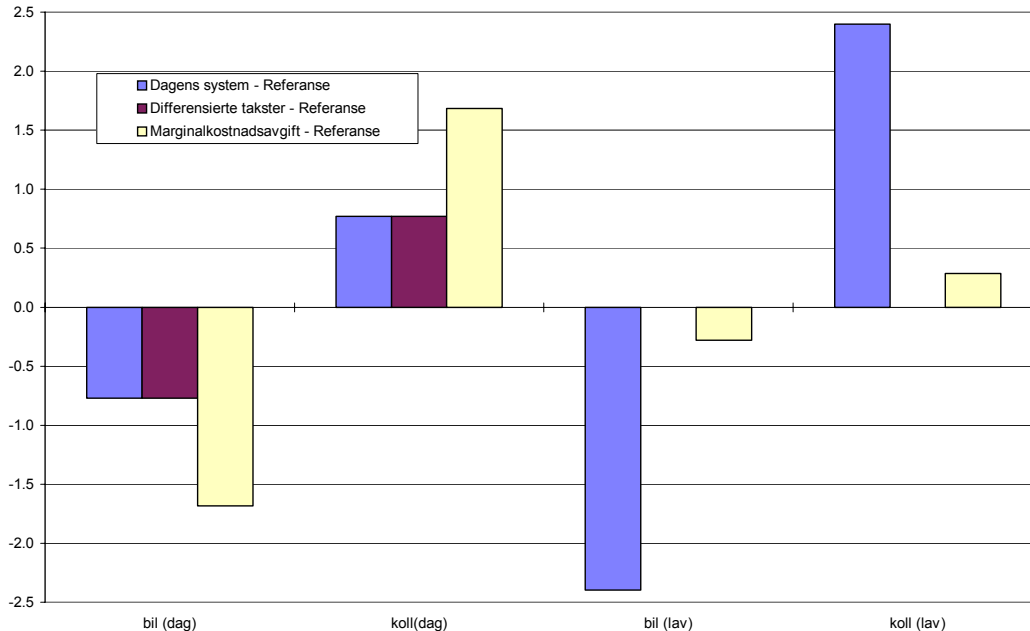
De to lavtrafikkperiodene representerer en gjennomsnittstime for de periodene de representerer. Vi har regnet med situasjonen som modelleres for trafikk midt på dagen mellom rushperiodene, er representativ for trafikken i 6 timer 280 dager i året, altså for 1680 timer pr år. Vi har da inkludert 10 uker med trafikkavvikling i lavtrafikkperioden om sommeren. Resten av timene ivaretas av modellen for lav/kveldstrafikk. Vi har regnet med at det er trafikk 18 timer i døgnet 365 dager i året. Når rushtrafikkperiodene og dagtrafikkperiodene trekkes fra gjenstår dermed 3510 representative timer for lavtrafikkmodellen.

Figur 7 viser årlige endringer i trafikk i lavtrafikkperiodene. Siden scenariene for dagens «flate» bompengesatser og tidsdifferensierte takster er modellert likt i modellen for dagtrafikk, og det ikke er noen kobling mellom de 4 submodellene i modellsystemet, vil effektene på etterspørselen i de to scenariene være identiske. Figuren viser at disse to scenariene gir en årlig overføring av bilister til kollektivtransport på ca 0.8 mill reiser. Marginalkostnadsprising vil gi omlag det dobbelte i overføring.

Dagens avgiftssystem reduserer tallet på bilreiser til fordel for kollektivtrafikken i lavtrafikkperioder med i underkant av 2.5 mill reiser årlig, mens

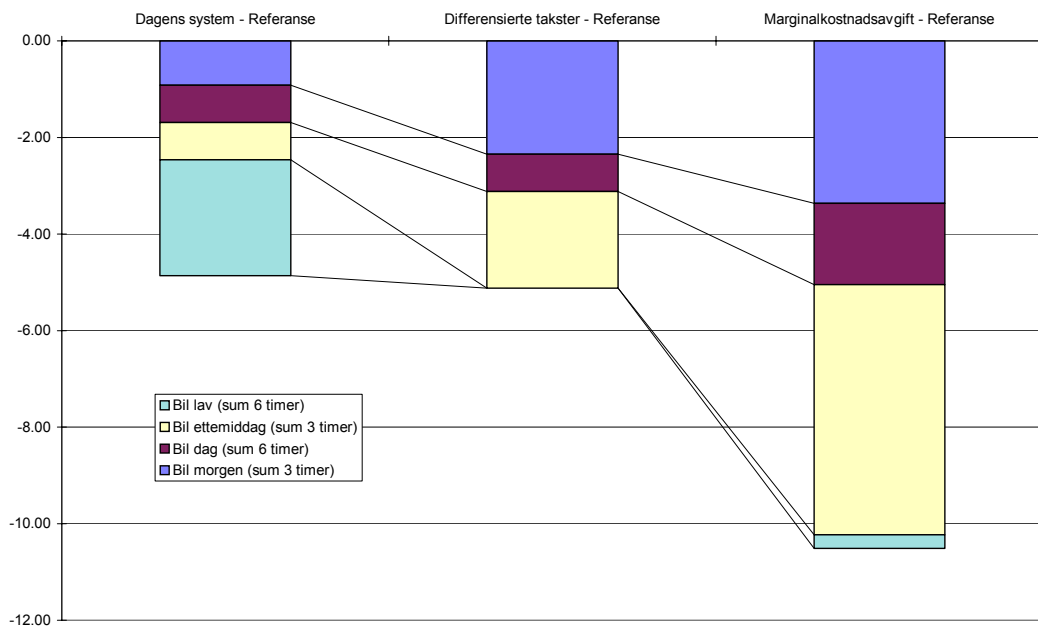
scenariet for differensierte bomtakster innebærer at trafikkantene kan passere bomringen gratis i disse periodene som i referansealternativet. Marginalkostnadsprising i lavtrafikkperioder gir en liten overføring fra privatbil til kollektivtransport på 0.3 mill pr år.

Figur 7 Endringer i etterspørsel i lavtrafikkperioder fordelt på bil- og kollektivreiser (mill turer pr år)



Figur 8 gir en oversikt over beregnede årlige reduksjoner i biltrafikk som følge av de ulike avgiftssystemene samlet. Som vi ser antyder beregningene at omlag halvparten av den årlige trafikkreduksjon ved dagens bomring skjer i lavtrafikkperiodene. Totalt reduserer dagens avgiftssystem biltrafikken med i underkant av 5 mill reiser pr år. Et gjennomsnittlig virkedøgn gjennomføres mellom 1 og 1.5 mill bilreiser i Oslo-området. I dette perspektiv kan det hevdes at bomringen har relativt marginal effekt på totalomfanget av bilreiser i området. Et system med differensierte takster gir en reduksjon i antall bilreiser pr år som er i samme størrelsesorden som reduksjonen initiert av dagens system, i overkant av 5 mill bilreiser. Vi ser imidlertid at reduksjonen i biltrafikk ved innføring av differensiering av bomtakstene i første rekke vil skje i rushperiodene.

Figur 8: Årlig reduksjon i bilturer etter avgiftssystem (mill turer)



Et perfekt køprisingssystem vil gi en del større effekter på antall bilreiser. Reduksjonen her er beregnet til i overkant av 10 mill turer pr år, med hovedtyngden i rushperiodene. Det er likevel ikke snakk om større reduksjoner i biltrafikk enn det som vanligvis avvikes i løpet av 7 til 10 virkedøgn i Osloområdet. Beregningene som er presentert i neste avsnitt viser imidlertid at selv små trafikkreduksjoner kan gi relativt store gevinster for samfunnet i form av reduserte reisetider.

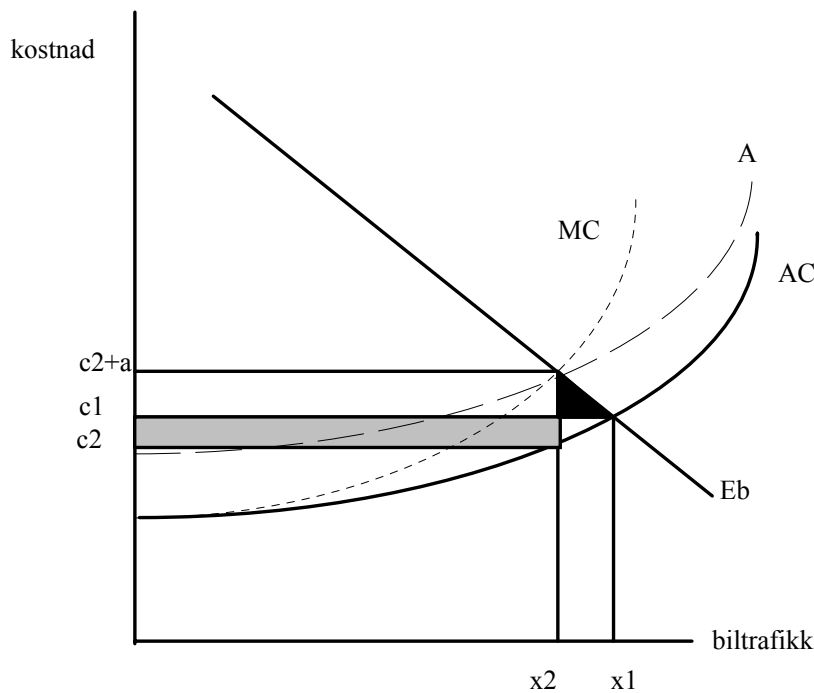
### 5.4.2 Samfunnsøkonomiske kalkyler

Kalkylene som er gjennomført i denne analysen for biltrafikken illustreres i Figur 9. Diagrammet gir en stilisert og forenklet fremstilling av de samfunnsøkonomiske aspekter tilknyttet innføring av ulike brukeravgiftsformer i et vegsystem. Langs x-aksen måles antall biler, mens de generaliserte kostnadene måles langs y-aksen. Den fallende linjen (Eb) representerer etterspørselsstrukturen og den heltrukne stigende kurven (AC) angir de generaliserte reisekostnadene (tids- og km-avhengige), som øker med trafikkvolumet.

I figuren er det  $x_1$  bilister i systemet initialt. Disse bilistene har en generalisert kostnad tilsvarende  $c_1$ . Sett nå at en avgift blir introdusert. I tilfellet med en fast avgift (f eks bompenger) får AC-kurven et positivt skift som innebærer at den parallellforskyves oppover i diagrammet (stiplet kurve merket A). Vi ser at avgiften er like stor uavhengig av trafikkvolumet. I tilfellet med perfekt køprising blir bilistene stilt overfor samfunnets marginalkostnader (prikket kurve merket MC). Vi ser at størrelsen på avgiften (den horisontale avstand mellom AC og MC) i dette tilfellet øker når trafikkvolumet øker.

Avgiften vil medføre økte kostnader for bilistene og etterspørselen blir redusert. Redusert etterspørsel vil medføre lavere kostnader i form av bedre fremkommelighet og etterspørselen vil igjen øke. Økt etterspørsel vil igjen redusere fremkommeligheten, osv. Til sist vil en ny likevekt stabiliseres ved  $x_2$ . De generaliserte kostnadene for bilistene,  $c_2+a$ , vil da inneholde et ledd for tids og km-avhengige kostnader,  $c_2$ , og et avgiftsledd,  $a$ .

Figur 9: Skjematisk fremstilling av mekanismer som oppstår ved innføring av ulike brukeravgifter i et købelastet vegsystem.



Diagrammet illustrerer også forskjellen mellom prising etter marginalkostnader, og bruk av faste bomavgifter. Vi ser at den faste bomavgiften i diagrammet er dimensjonert slik at man treffer marginalkostnadene ved det aktuelle trafikkvolumet. I praksis kan den faste bomavgiften være for høy i perioder med lav og moderat trafikk og for lav i perioder med stor trafikk. Når trafikken varierer over tid kan den faste avgiften differensieres for å ta hensyn til dette. Problemet er imidlertid at bomavgiften bare er effektiv på de reiserelasjoner hvor bomstasjonene er lokalisert. Innføring av en bomavgift kan gi økning i trafikken på relasjoner som ikke «rammes» av avgiften. Denne trafikken kan også være meget dyr for samfunnet. På den annen side vil en bomring også kunne prise «for høyt» en del av de korte turer som passerer ringen. Problemet kan reduseres ved å øke antall betalingspunkt.

De samfunnsøkonomiske effektene av en brukeravgift i et købelastet vegsystem er også illustrert i figur 9. Når avgiften innføres, genereres avgiftsinntekter til samfunnet på  $(x_2 \cdot a)$ . Dette vil påføre de gjenværende bilistene et tap av konsumentoverskudd på  $(c_2+a-c_1) \cdot x_2$ . De bilistene som velger å ikke kjøre til denne prisen vil påføres et tap som tilnærmet er  $(x_1-x_2) \cdot (c_2+a-c_1)/2$ . Totalt tap av konsumentoverskudd blir dermed

$(x_1+x_2) \cdot (c_2+a-c_1)/2$ . Samfunnsøkonomisk gevinst ved innføring av avgiften blir dermed  $(x_2 \cdot a) - (x_1+x_2) \cdot (c_2+a-c_1)/2$ .

Gevinsten er illustrert ved differansen mellom den skraverte firkanten og den svarte trekanten markert i diagrammet. Den skraverte firkanten representerer verdien av økt fremkommelighet for de bilistene som fortsetter å kjøre etter at avgiften er innført, mens den svarte trekanten representerer tap av konsumentoverskudd for de bilistene som lar være å kjøre til denne prisen. Den uskraverte firkanten,  $(c_2+a-c_1) \cdot x_2$ , har ingen innvirkning i et samfunnsøkonomisk regnestykke fordi dette er en ren overføring av midler fra private bilister til samfunnet.

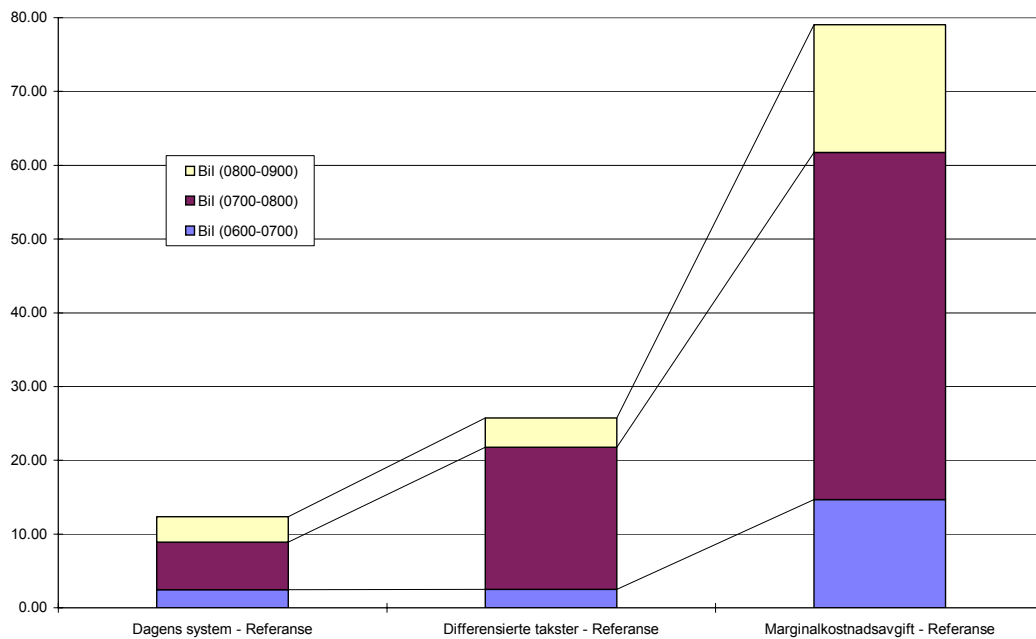
Hva inntektene fra bompengene skal brukes til primært et fordelingspolitisk spørsmål. Generelt vil det være slik at nesten alle trafikanter vil «tape» på kjøprising før man ser på anvendelsen av inntektene. De betaler jo mer i avgift enn det de sparer i tids- og kjørekostnader. Dette gjør at kjøprising lett blir et upopulært tiltak blant bilister. Det er lett å se hva man må betale, men hvilken nytte den enkelte vil ha i forbindelse med anvendelsen av inntektene er svært uklart hvis ikke en slik ordning introduseres som en del av en pakkeløsning. Trafikanter som kan tjene på ordningen uansett, er i første rekke de som verdsetter spart reisetid langt over gjennomsnittet.

Ved perfekt kjøprising vil differansen mellom verdien av økt fremkommelighet for gjenværende bilister og tap av konsumentoverskudd for «utpriset» trafikk være positiv. Av diagrammet fremgår det imidlertid at dette ikke alltid vil være tilfellet ved faste avgifter. Ved lav trafikk og høy avgift kan tapet av konsumentoverskudd (svart trekant) være større enn verdien av tidsbesparelsene (grå firkant). I en slik situasjon vil avgiften innebære et samfunnsøkonomisk tap.

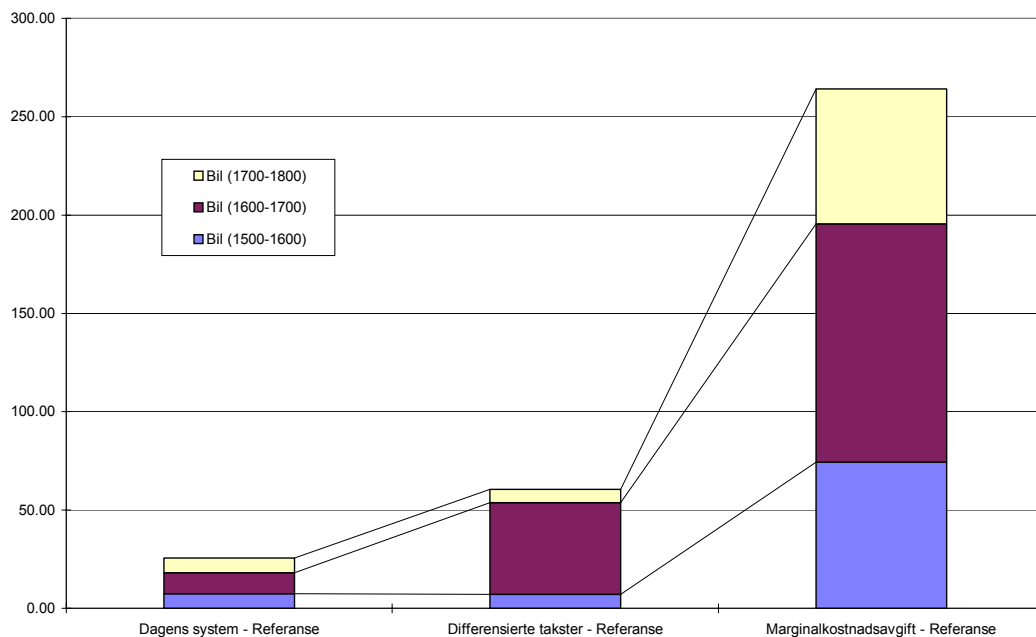
I figurene nedenfor vises resultatene fra beregningene av de samfunnsøkonomiske gevinstene som illustrert i figur 9. I figur 10 vises årlige gevinster for morgenrushet. Dagens system gir gevinster som tilsvarer omlag 12 mill kr årlig summert over de tre morgenrushtimene og multiplisert med antall dager med typisk morgenrushtrafikk. Dersom takstene differensieres vil tilsvarende tall ligge i størrelsesorden 25 mill kr. Et perfekt kjøprisingsystem vil til sammenlikning gi omlag 80 mill kr pr år i samlede gevinster for samfunnet. Vi ser at alle avgiftssystemene gir størst gevinster i maksimaltrafikk-timen, hvor trafikken og trengselen i vegnettet er størst, og dermed også potensialet for bedret fremkommelighet ved trafikkreduksjoner.



Figur 10: Årlige samfunnsøkonomiske gevinster ved innføring av ulike avgiftssystemer i Oslo-området. Morgenrushet (0600-0900)



Figur 11: Årlige samfunnsøkonomiske gevinster ved innføring av ulike avgiftssystemer i Oslo-området. Etermiddagsrushet (1500-1800)

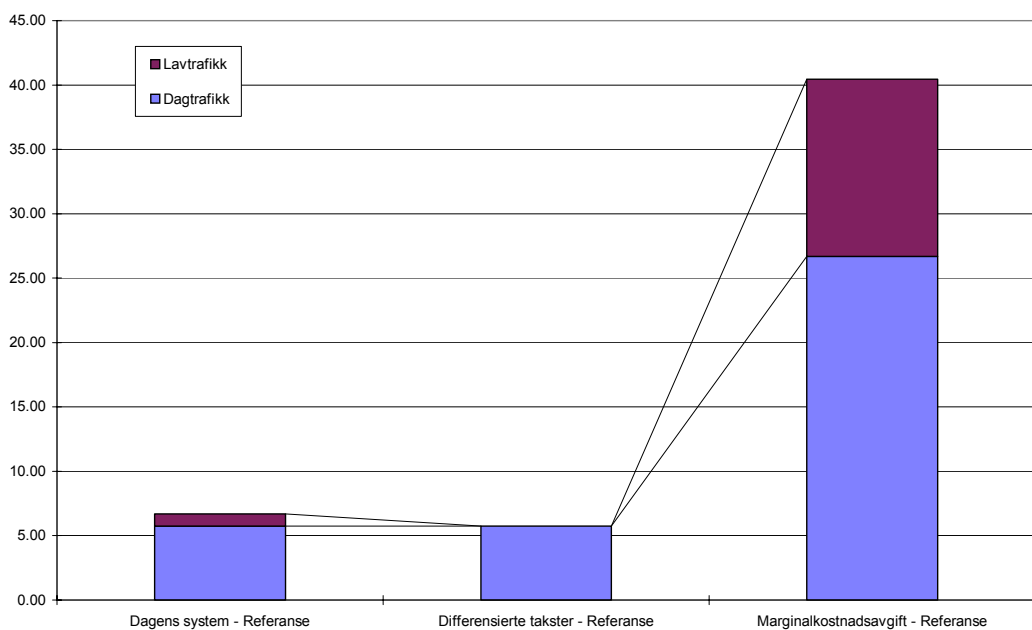


Figur 11 viser årlige gevinster for trafikken i ettermiddagsrushet. Vi ser at tiltakene har større effekt på samfunnsøkonomien i denne perioden enn i morgenrushet. Forskjellen i gevinster fra et system med differensierte takster og dagens flate bompengesystem er også større i denne perioden med omlag 30 mill pr år, mot ca 13 mill i rushperioden om morgenen. Et perfekt kjøprisingssystem vil redusere trafikken i alle områder hvor det er stor kø, og ikke bare over bomringen. I tillegg vil bilistene med et slikt avgiftssystem velge å kjøre på en måte som minimerer totalkostnadene i systemet. Når

trafikken er stor vil denne rutevalgseffekten gi store besparelser for samfunnet i tillegg til de som oppnås ved redusert trafikk. Vi har beregnet de årlige samfunnsøkonomiske gevinstene ved marginalkostnadsprising til omlag 260 mill kr summert over de tre timene i ettermiddagsrushet og multiplisert med antall dager pr år med typisk trafikk som i denne perioden.

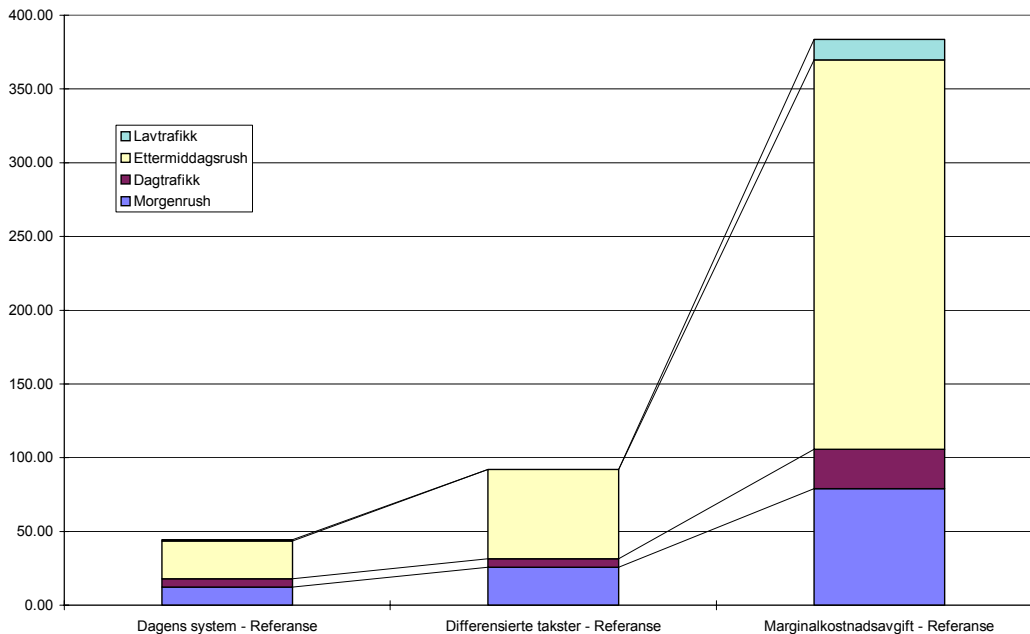
Figur 12 viser de årlige besparelsene i typiske lavtrafikkperioder. Vi legger spesielt merke til de lave besparelsene dagens bompengeing gir for lavtrafikken om kvelden, i helger og helligdager. Omlag halvparten av biltrafikken som årlig passerer bomringen, kjører i disse periodene, som også har lavest kollektivtilbud.

Figur 12: Årlige samfunnsøkonomiske gevinster ved innføring av ulike avgiftssystemer i Oslo-området. Lavtrafikkperioder.



Figur 13 oppsummerer resultatene fra de samfunnsøkonomiske kalkylene. Mens dagens flate avgiftssystem gir i underkant av 50 mill kr i årlige besparelser, kan man oppnå omtrent det dobbelte ved å differensiere takstene over døgnet. Et perfekt avgiftssystem, hvor bilistene betaler det bilturen faktisk koster samfunnet, vil ifølge våre beregninger gi samfunnsøkonomiske gevinster som tilsvarer omlag 380 mill kr pr år.

Figur 13: Årlige samfunnsøkonomiske gevinster ved innføring av ulike avgiftssystemer i Oslo-området.



Som det fremgår er det relativt stor forskjell på gevinstene ved et «primitivt» bomringsystem med differensierte takster og et «perfekt» system. Forskjellen tyder at det bør finnes «gode» systemer mellom disse to ytterpunkter. Design av et slikt system krever imidlertid relativt grundige og omfattende analyser og systemkostnader blir i tillegg et viktig punkt. Når det gjelder disse beregninger av potensielle samfunnsøkonomiske gevinster skal man være oppmerksom på et forhold: *Såvidt enkle beregninger er bare «gyldige» dersom man kan forutsette at kollektivtrafikken i utgangspunktet er riktig priset og dimensjonert.* Dette er vanligvis ikke tilfelle. Strengt tatt bør man derfor ha med visse korreksjoner som tar hensyn til dette. På den annen side åpner «riktig» kjøprising muligheten for at man også kan foreta større justeringer for kollektivtrafikken.

### 5.4.3 Avgiftsinntekter

De ulike avgiftssystemene vil generere inntekter fra trafikken som kjører i de ulike periodene. Våre beregninger antyder at avgiftsinntektene med dagens system summerer seg til 740 mill kr pr år. Dette er noe høyere enn det korrekte tallet som fra AS Fjellinjen oppgis å være 680 mill kr i 1995. Denne differansen på 9 % tyder på at våre forutsetninger og regnestykker i disse beregningene, er rimelig gode.

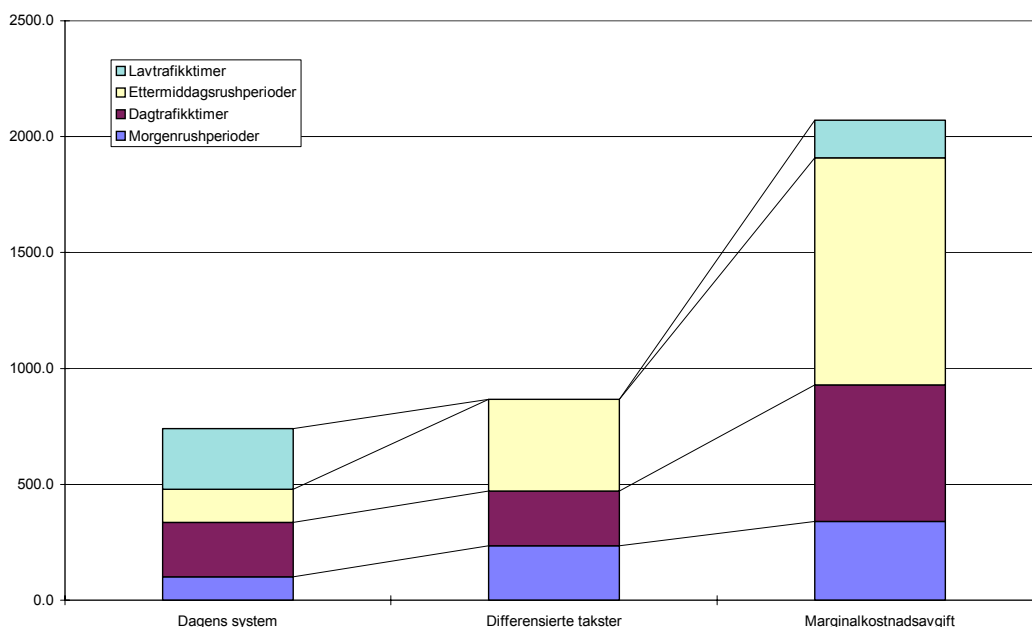
I dette dokumentet skal vi ikke ta stilling til hva som bør gjøres med disse midlene. Figur 14 viser imidlertid at et avgiftssystem med tidsdifferensierte takster på sett og vis er mer rettferdig enn dagens flate avgiftssystem når vi tar utgangspunkt i hva ulike bilturer koster og hva de betyr for kapasitetsbehov og vegutbyggingen i Oslo-området. Vi ser at bilistene som i dagens system kjører i lavtrafikkperioder står for en stor del (ca 260 mill) av finan-

sieringen av vegutbyggingen. Den trafikken som kjører i rushperiodene, som altså skaper behov for utbygging av mer kapasitet på vegnettet, bidrar bare med omlag 1/3 av finansieringen.

Når takstene differensieres over tid med de satsene som er forutsatt for dette scenariet, ser vi at det hovedsakelig er bilistene som kjører i rushtidene som betaler. Totalinntektene vil øke med ca 16 % til omlag 865 mill kr pr år.

Ved et perfekt kjøprisingssystem vil inntektene øke med ca 170 % til i overkant av 2000 mill kr pr år. Vi ser imidlertid i Figur 13 at gevinstene fra et slikt avgiftssystem er mer enn 8 ganger høyere enn gevinstene fra dagens flate system.

Figur 14: Årlige avgiftsinntekter generert av ulike avgiftssystemer i Oslo-området.



Beregningen av samfunnsøkonomiske fordeler ovenfor er bare knyttet til kjøre- og tidskostnader for biltrafikken i systemet. Dette gir ikke nødvendigvis et fullstendig bilde. Dersom dagens avgiftssystem på drivstoff og kjøretøy ikke er fullt ut tilstrekkelig til å dekke de lokale miljøkostnader som en ekstra biltur kan medføre i deler av systemet, vil man en ekstra gevinst i en samfunnsøkonomisk kalkyle. Miljøeffekten av redusert biltrafikk vil selvsagt være positiv uansett, men hvis avgiftssystemet er tilnærmet «kostnadsriktig» vil miljøgevinsten omtrent balansere mot en reduksjon i statens generelle avgiftsinntekter på drivstoff og biler.

Et kanskje viktigere moment er at trafikktoppene i kollektivsystemet i dag også er «underpriset». Trafikktoppene innebærer at kollektivsystemet sitter med rullende materiell som det strengt tatt bare er behov for i forbindelse med én tur morgen og én tur på ettermiddagen. Av praktiske grunner blir også kjøredistansen for dette materiell forholdsvis stor i forhold til den distanse som det strengt tatt trenges i rutetrafikk og sjåfører må ofte avlønnes for vesentlig mer enn det som er effektiv kjøretid. Begninger for

AS Oslo Sporveiers kollektivtilbud<sup>1</sup> tyder f  ks på at de trafikanter som dimensjonerer kapasitetsbehovet i rushtiden i gjennomsnitt bare betaler omtrent halvparten av det reisen koster. Noe tilsvarende gjør seg trolig gjeldende for det øvrige kollektivsystem i regionen.

Med dagens dagens udifferensierte takstsystem for kollektivreiser er det derfor trolig grunnlag for å gjøre et fradag i den samfunnsøkonomiske gevinst som er beregnet ovenfor på 10-15 kr pr trafikant som blir overført til kollektivtrafikk i rushtidene.

I og for seg er det ikke overaskende at det bør gjøres en slik korreksjon for å få en riktig beregning av samfunnsøkonomiske effekter. Takstpolitikken for kollektivtrafikk er også påvirket av at man i dag har «underpriset» biltrafikk og man har her ført en takstpolitikk som i noen grad motvirker det samfunnsøkonomiske «tap» som ellers ville oppstå på grunn av «underpriset» biltrafikk. En av de viktige konsekvenser av en mer «kostnadsriktig» prising av biltrafikk i rushtiden kan være at dette også åpner muligheten for en mer «kostnadsriktig» takstpolitikk for kollektivtrafikk og kanskje også mer gjennomgripende endringer når det gjelder kollektivtilbudet.

---

<sup>1</sup> Larsen O I (1993): «Samfunnsnytte av tilskudd til kollektivtrafikk» . TØI-rapport 208/1993

## 6 Fordelingsmessige aspekter ved vegprising

### 6.1 Innledning

Innføring av kjøprising vil innebære at vegtrafikanterne må betale vesentlige mer enn i dag for å kjøre i visse deler av vegsystemet til visse tider. De som «rammes» av dette er i første rekke de som må betale eller som må foreta større tilpasninger i sitte reisemønstre for å unngå eller redusere avgiftsbetaling.

I forbindelse med innføring av bompengeringene i Oslo, Bergen og Trondheim var det også protester fra næringslivshold og da spesielt handelen i sentrum.

Når det gjelder effekter på næringslivet av kjøprising så skal man være oppmerksom på to forhold. For det første er det en relativt begrenset del av næringslivets transporter som foregår i rushtidene. Næringslivets transporter er også forbundet med relativt høye tidskostnader og med kjøprising er det et hovedpoeng at trafikkaviklingen skal bli bedre. Dvs at nettoresultatet for næringstrafikk som belastes med «køavgifter» ikke behøver å innebære noen vesentlig kostnadsøkning. Når det gjelder detaljhandelen, hvor kundenes transportkostnader er det viktigste, er forholdet at morgent og ettermiddagsrush ikke er perioder hvor folk normalt drar til bysentra for å gjøre innkjøp.

Selv om kjøprising kan innebære relativt høye avgifter er det derfor ikke grunn til å regne med at slike avgifter får noen særlig betydning for hvor folk gjør sine innkjøp. Uansett vil det her også måtte dreie seg om en viss omfordeling mellom ulike detaljhandelsbedrifter. Det er derfor vanskelig å se at kjøprising vil ha vesentlig betydning for næringslivet. Den viktigste effekt er kanskje at noen bedrifter i utgangspunktet har en lokalisering som vil gjøre dem mindre attraktive som arbeidsplass dersom kjøprising innføres og at de derfor vil stille noe dårligere i konkurransen om kvalifisert arbeidskraft. På den annen side vil andre bedrifter komme bedre ut. På lenger sikt vil denne effekt også bidra til transportmessig gunstige omlokaliseringer.

Når det gjelder private reiser som «rammes» av kjøprising, så er det selvsagt at noen må «rammes» dersom avgiften skal motivere til å endre eksisterende reisemønstre. Forholdet er også at jo mer effektivt et system utformes jo lavere blir den avgiftsbelastning som må til for å oppnå en viss etterspørselseffekt og jo flere tilpasningsmuligheter vil finnes. Fordelingseffektene vil derfor avhenge sterkt av systemutformingen. Uansett hvordan systemet utformes må man imidlertid regne med at det vil

være en gruppe trafikanter med lav inntekt som - ihvertfall på kort sikt - vil være mer eller mindre tvunget til å bruke bil til de tider og i de deler av vegsystemet hvor avgiftsbelastningen er størst. Hvor alvorlig dette er som «fordelingsproblem» vil dels avhenge av hvor stor avgiftsbelastningen rent faktisk er, hvor stor gruppe det er tale om og hvor stor fleksibiliteten for denne gruppe er på litt lenger sikt.

Fordelingseffektene av ulike systemer for kjøprising vil være enklere å overskue hvis man bare holder seg til det geografiske aspekt. De som i første rekke vil få en markert utgiftsøkning er de som i dag har forholdsvis lange arbeidsreiser med bil som går til eller gjennom de sentrale områder i storbyene.

I det følgende ser vi bort fra de generelle avgifter vi idag har på drivstoff og biler selv om disse også har fordelingsmessige konsekvenser i forhold til et eller flere hypotetiske alternativ. Fordelingsvirkninger drøftes i forhold til et kjøprisingssystem som eventuelt også kan inneholde en miljøavgiftskomponent

Fordelingsmessige virkninger blir trukket fram hver gang «kjøprising» blir foreslått eller diskutert. Fordelingsmessige virkninger vil naturlig nok avhenge av hva slags system man ser på og av hva man sammenlikner med. Og - ikke minst- de vil avhenge av hvordan inntektene fra et vegprissingsopplegg disponeres. Det er derfor vanskelig å være spesielt spesifikk mht fordelingsvirkninger før man har et veldefinert forslag til system og et veldefinert alternativ som dette kan sammenlignes med. I tillegg kreves oppdatert informasjon om folks reise mønster og gode data om husholdningskarakteristika.

Her vil vi primært kommentere fordelingsproblemer generelt og supplere med en del data fra den reisevaneundersøkelse som ble gjennomført i Oslo/Akershus i 1990 etter at bompengeringen hadde vært i drift i ca 10 måneder. Disse data kan i det minste gi en indikasjon på fordelingsmessige virkninger av et kjøprisingssystem.

Det kan være grunn til å skille mellom to spørsmål som ofte blandes sammen:

*-Det ene er om et system er mer eller mindre «rettferdig».*

*-Det andre er om noen grupper rammes spesielt hardt og får et velferdstap som må betraktes som alvorlig.*

I utgangspunktet er det grunn til å understreke at et kjøprisingssystem er «rettferdig» hvis man i dette legger at den enkelte bilist skal betale for de knader og ulemper som den enkelte biltur påfører andre, inklusive andre vegtrafikanter. Urettferdigheten måtte i såfall bestå i at systemet er lagt opp slik at det er dårlig samsvar mellom den avgift som må betales og knaden som denne avgift skal reflektere. Da er det også tale om et forholdsvis dårlig og/eller «primitivt» kjøprisingssystem. «Millimeterrettferdighet» når det gjelder avgift/knaden er på den annen side en praktisk umulighet.

Et kjøprisingssystem (med eller uten en miljøkomponent) er også «urettferdig» - på samme måte som f eks miljømotiverte generelle avgifter på drivstoff - i den forstand at betalingen ikke skjer direkte til dem som rammes. Så lenge det ikke i systemet ligger innebygget kompensasjonsordninger som kompenserer dem som direkte rammes av ulempene ved den biltrafikk som avgiftsbelegges, kan det oppfattes som urettferdig.

Et spesielt forhold ved kjøprising i forhold til rent miljømotiverte avgifter er at kjøknstnader er knstnader som trafikantene påfører seg selv. Derfor hevdes det ofte at det går «opp i opp». «Jeg påfører de andre knstnader, men de påfører meg tilsvarende knstnader og dette gir ikke grunnlag for noen betaling av avgift». Saksforholdet er imidlertid at for en bilist som overveier å foreta en biltur, så vil trafikken som allerede er i systemet medføre at reisetiden er f eks 10 minutt lenger enn den ellers ville vært. Foretar bilisten reisen så vil imidlertid all annen trafikk i systemet kunne forsinkes med *tilsammen* 20-100 minutter ekstra. Her er det altså ikke noen symmetri.

Det vil også være slik at selv om biltrafikantene totalt sett skulle «betale for seg» gjennom bilavgifter og drivstoffavgifter, så vil det være en stor «underdekning» for den type turer som det er tale om å avgiftsbelegge med et kjøprisingssystem.

Kjøprising vil etter intensjonen innebære at man må betale (vesentlig) mer enn idag for bilturer som går i de købelastede deler av byenes vegsystemer. Hvor høye avgifter det blir tale om skal i prinsippet avhenge av kjøproblemenes størrelse. Disse bør ha et visst omfang før det i det hele tatt er lønnsomt å etablere et avgiftssystem med de knstnader dette medfører.

Det er også klart at de som rammes av kjøprising stort sett kommer dårligere ut enn før. Dette gjelder enten man betaler og fortsetter å kjøre eller endrer reiseadferd for å unngå avgift eller for å redusere avgiftsbelastningen. Den avgift man må betale er normalt større enn den gevinst de fleste vil oppleve som følge av bedre fremkommelighet i rushtidene. De eneste trafikanter i vegsystemet som i første omgang vil tjene på kjøprising er de som verdsetter tidsbesparelser vesentlig høyere enn gjennomsnittet. I første rekke dreier dette seg om næringstrafikk. Også de som «prises ut» vil oppleve dette som et velferdstap. De eneste klare «vinnere» - *før man ser på anvendelsen av inntektene* - er de som plages av de miljømessige ulemper av vegtrafikken, men ikke selv må betale noe. Grunnen er at kjøprising vil gi en miljømessig bonus selv om begrunnelsen for kjøprising ikke primært er miljøforbedringer.

## 6.2 Den økonomiske belastning ved kjøprising

Den «typiske» bilist som vil bli rammet *hardt* av kjøprising er «matpakkebilisten» som kjører inn mot bysentra i morgenrushet og ut igjen i ettermiddagsrushet og hvor en forholdsvis stor del av turene foregår i de købelastede deler av systemet. Utfra de beregninger som tidligere er referert mht marginalknstnader og hensyn tatt til at avgiftene strengt tatt bør settes lavere enn de marginalknstnader som er beregnet for dagens trafikk, vil den daglige



«køavgift» for arbeidsreiser av denne type trolig kunne ligge i området 30-50 kr. Med f eks 220 arbeidsdager med avgiftsbetaling vil den årlig utgift komme opp i 7-11000 kr og vil være av samme størrelsesorden som den årlige utgift til bensin for en gjennomsnittsbilist. Samtidig vil en bilist av denne type få en viss økonomisk kompensasjon i drivstoffbudsjetten fordi trafikkavviklingen blir bedre. Denne «kompensasjon» kan fort dreie seg om 1-2000 kr pr år. I tillegg vil reisetiden bli redusert. Netto-utgiftenene vil normalt ikke bli større enn de utgifter mange yrkesaktive har i forbindelse med lange arbeidsreiser med kollektive transportmidler, men de kommer på toppen av de øvrige utgifter ved bruk av bil.

Hvis avgiftene differensieres - som de bør - også innenfor tidsrommet kl 6-9 og kl 15-18, vil svært mange ha mulighet for tilpasninger i reisetidspunkt. Dette kan redusere avgiftsbelastningen betydelig i forhold det som er antydnet ovenfor. Folk som mer sporadisk benytter bil i rushtrafikken vil også få økte utgifter, men dette kan neppe betegnes som et alvorlig fordelingsmessig spørsmål.

En relativt stor gruppe bilister vil - som tilfellet er med dagens bomringer - få dekket utgiftene av arbeidsgivere som ser seg tjent med at arbeidstakerne har bilen disponibel i arbeidstiden eller som eventuelt dekker utgiftene som et rent «frynsegode». En del av utgiftene for arbeidsreiser vil derfor falle på næringslivet i tillegg til det som må betales for ren næringstrafikk.

Det forhold at noen får dekket utgiftene av arbeidsgiver kan også oppfattes som urettferdig. På den annen side skal man ikke se bort fra at det både bedriftsøkonomisk og samfunnsøkonomisk kan være rasjonelt at arbeidstakere kjøre bil til jobben hvis de jevnlig trenger bil i arbeidstiden. Alternativet kan være mye drosjekjøring eller at arbeidsgivere må ha en egen bilpark for dette formål.

Som gruppe betraktet er ikke de som kjører bil til jobben i rushtidene i de større byer og som vil utsettes for en køavgift, blant dem som man normalt vil legge stor vekt på i fordelingspolitisk sammenheng. Reisevaneundersøkelser bekrefter at det er noe i en påstand om at dette dreier seg om «menn i sin beste alder». Man vil imidlertid møte én eller flere påstander av typen:

*Nå vil det bare være «de rike» som kan benytte bil til og fra jobben!*

*Jeg kan ikke reise kollektivt fordi kollektivtilbudet er for dårlig!*

*Jeg/vi er nødt til å bruke bil på grunn av barn som skal hentes/bringes i tilknytning til arbeidsreisen og denne forpliktelse gir også minimal fleksibilitet når det gjelder reisetidspunkt!*

Når det gjelder det første punkt så er dette svært generelt i den forstand jo høyere inntekt man har jo mer kan man kjøpe av en vare eller tjeneste. Dette er ikke noe spesielt for bilbruk i rushtidene og utgiftene vil normalt ikke være så store at denne bilkjøring bare blir forbeholdt «de rike». På den

annen side, vil det utvilsomt være en del bilister som finner at bilkjøring av den kategori som vil rammes hardt av kjøprising, medfører såvidt stor belastning på et husholdningsbudsjett at de vil foretrekke å endre enten reisemåte, reisetidspunkt eller, på litt sikt, vurdere skifte av arbeidssted og/eller bosted.

Dårlig eller manglende kollektivtilbud er også et problem for mange trafikanter *med det reisemønster de har i dag*. En effekt av kjøprising vil utvilsomt være at man skaper markedsgrunnlag for et bedre kollektivtilbud, men det må også erkjennes at det ikke kan etableres et tilfredsstillende kollektivtilbud for enhver kombinasjon av bosted og arbeidssted. Noe av poenget med kjøprising er også å påvirke folks mer langsiktige disposisjoner slik at man får mindre av slike «vanskelige» kombinasjoner.

Det tredje punkt ovenfor peker mot et fordelingsmessig problem som - ihvertfall på kort sikt - kan være reelt nok. Til enhver tid vil det være en gruppe personer som av ulike årsaker er mer eller mindre bundet til å bruke bil og har liten fleksibilitet i sitt aktivitetsmønster. Samtidig vil en markert økning i utgiftene ved bruk av bil kunne innebære en alvorlig økonomisk belastning. Tallmessig dreier det seg om en forholdsvis liten gruppe og de fleste vil ha en tilpasningsmuligheter på litt lenger sikt som kan redusere problemet betydelig.

I forbindelse etablering av bomringene i Oslo, Bergen og Trondheim kom det sterke protester fra handelsstanden i sentrum. Frykten for å tape omsetning har vist seg å være ugrunnet og en ordning primært innrettet mot kjøprising vil i trolig enda mindre grad enn dagens bomringer få konsekvenser for hvor folk gjør innkjøp. Generelt er det også en forholdsvis liten andel av næringslivets transporter som foregår i de best købelastede perioder morgen og ettermiddag. Næringslivets transporter vil som tidligere nevnt også være de som har størst gevinst ved bedre framkommelighet.

Den største økonomiske belastning for næringslivet vil trolig være knyttet til dekning av utgifter for arbeidstakere som skal ha egen bil disponibel i arbeidstiden og derfor også kjører bil til og fra arbeid. På den annen side kan det være god grunn til å ha en avgift som også signaliserer til næringslivet at denne type ordninger har en relativt høy samfunnsmessig kostnad og ikke bør brukes unødige.

En del av effektene ved et kjøprisingssystem vil også slå igjennom i markedet for bolig- og næringseiendommer. Man må regne med forskyvninger som går i retning at prisen på eiendommer med relativt sentral beliggenhet og/eller god kollektivbetjening vil øke i pris i forhold til eiendommer med mer perifer lokalisering. Slik sett vil man få pris effekter som støtter opp om arealbruk og lokalisering som på lenger sikt også vil bidra til å redusere transportkostnadene.

### 6.3 Unntaks- eller særordninger

Som det skulle fremgå av det som er sagt ovenfor er det ikke mulig å innføre køprising uten at noen blir rammet. Forsåvidt er også poenget med en slik ordning at noen skal «rammes» såvidt hardt at reiseadferden påvirkes. De fordelingsmessige problemer synes i første rekke være knyttet til dem som er mer eller mindre tvunget til å bruke bil og som f r en avgiftsbelastning som er betydelig i forhold økonomisk evne.

Det vil alltid være mulig å etablere unntaks- eller særordninger i tilknytning til et k prisingssystem hvis det kan utformes klare og entydige kriterier. Man skal bare være oppmerksom på tendensen til at stadig flere grupper vil presse på for å komme inn under slike ordninger og at de av den grunn har lett for å bli svært omfattende.

En måte å redusere fordelingsmessige problemer på vil være at et k prisingssystem gradvis innarbeides, og da spesielt med hensyn til en gradvis opptrapping av avgiftsnivået. Hvis man f.eks. starter med relativt lave avgifter og en plan for gradvis økning av avgiftsnivået over en 5 årsperiode, vil svært mange av dem som ellers ville bli sterkt rammet kunne foreta tilpasninger som i vesentlig grad vil kunne redusere den økonomisk belastning. Under opptrappingsfasen vil folk også søke å unngå tilpasninger som innebærer at de senere f r en betydelig økonomisk belastning.

En fullstendig kartlegging av fordelingsvirkninger er som sagt umulig f r man har et veldefinert opplegg og alternativ som dette kan sammenlignes med. En fullstendig analyse må også se på hvordan avgiftsinntektene anvendes. F r man ser på inntektsanvendelsen vil det som nevnt nesten bare være «tapere». Poenget med køprising er *ikke* at man totalt sett skal ha større offentlige skatte- og avgiftsinntekter og det finnes mange alternativer for inntektsanvendelsen, inklusive reduksjon i andre avgifter og/eller skatter og mer eller mindre kompliserte kompensasjonsordninger.

### 6.4 Effekten av ulike systemutforminger

Som nevnt ovenfor vil et system virke mer rettferdig jo bedre det følger prinsippene for køprising. Den enkleste og billigste form for køprising vil være en tidsdifferensiering av satsene på dagens bomringer. Ulempen med dette er at man får et system som er mindre «treffsikkert» enn ønskelig og til dels også et noe urettferdig system. Det er mange korte turer som passerer dagens bompengeringer som har relativt lave eksterne køknstnader og det er mange turer som ikke passerer bomringene og har vesentlig høyere eksterne køknstnader. Enveisinnkreving av bompenger innebærer også at bare vil være inngående trafikk i ettermiddagsrushet som blir avgiftsbelagt, mens det er den utgående trafikk som jevnt over har de høyeste knstnader i ettermiddagsrushet.

Hvis man først vil gjennomføre systematisk køprising er det derfor mye som taler for at det foretas en grundig analyse med sikte på å finne opplegg som

kan virke bedre enn en ren tidsdifferensiering på dagens bomringer. En slik analyse må både se på antall betalingspunkter og plasseringen av disse og på avgiftsnivå og avgiftsstruktur.

## **6.5 Bruk av reiseregistreringer fra RVU i Oslo/Akershus 1990**

For å belyse noen av de fordelingsmessige aspekter ved køprising har vi brukt reisevaneundersøkelsen som ble gjennomført i 1990 etter innføring av bomringen i Oslo. Dette materialet inneholder opplysninger fra mer enn 25 tusen personer som har registrert sine turer i løpet av én dag. Dette danner et reisemønster med inntil 9 turer, hvor alle reiseformål av betydning underveis er registrert som egen tur. F.eks er reise hjemmefra direkte til arbeid regnet som én tur. Med f.eks levering av barn til barnehage før arbeidstid er det registrert som to turer. Tilsammen er det gitt opplysninger om nesten 59 tusen turer.

Beregningene av eksterne køknostnader for bilturer mellom områder i Oslo og Akershus viste at de høyeste køknostnadene i morgenrushet er knyttet til turer som går gjennom eller til sentrale deler av Oslo.

I de tre makstimene for ettermiddagstrafikken finner vi bilturene med de høyeste eksterne køknostnader stort sett, og ikke uventet, på samme relasjoner som i morgenrushet men i motsatt retning.

De fleste turene med høye marginalknøstnader går altså gjennom dagens bompengering. Derfor har vi valgt å ta ut opplysninger relatert til kjøremønster i forhold til denne.

I dataene fra reisevaneundersøkelsen har vi sett spesielt på turdata og bakgrunnsopplysninger for de som valgte å reise med bil i rushperiodene morgen og ettermiddag på virkedager. Ved tidsdifferensierte bomtakster ville endel av disse måtte betalt høyere avgifter.

Et mulig tiltak for å redusere køproblemene, er å differensiere avgiftene i bompengeringen, noe som bl.a. innebærer at høyeste avgift for bompasering blir i rushperiodene. Effektene av dette blir at endel av de dyreste bilreisene overføres til kollektivtransport eller til mindre købelastede perioder hvor bomavgiftene er lavere.

## 6.6 Hvilke trafikanter berøres av økte bomavgifter?

### 6.6.1 Morgenrushet

I RVU 1990 har ca 5200 personer oppgitt at de hadde kjørt bilturer med start i tidsrommet 0600-0900 på virkedager. Tilsammen kjøres det ca 6300 bilturer i morgenrushet. 35 prosent kjører inn gjennom bomringen én gang i rushperioden, under 1 prosent kjører inn to ganger. 8 prosent kjører ut og 56 prosent av bilførerne i morgenrushet krysser ikke bompengeringen.

Flesteparten av bilførerne, 97 % ,kjører en eller to turer. Tabell 18 viser reisemønsteret i forhold til dagens bomring for de som kjørte 1-2 turer i løpet av morgenrushet. Tabell 19 viser prosentandeler for de ulike reisemønstre.

Tabell 18: Bilførere fra RVU for Oslo/Akershus 1990. Turmønstre i forhold til bomringen for de som kjørte 1-2 turer i tidsrommet 0600-0900.

Retning for 1. biltur	Retning for biltur nr 2 i morgenrushet				Sum
	Ingen tur nr. 2	Inn bomringen	Ut bomringen	Krysser ikke	
Inn bomringen	1 468	31	71	81	1 651
Ut bomringen	325	18	-	11	354
Krysser ikke	2 427	133	42	437	3 039
<b>Sum</b>	<b>4 220</b>	<b>182</b>	<b>113</b>	<b>529</b>	<b>5 044</b>

Tabell 19: Bilførere fra RVU for Oslo/Akershus 1990. Turmønstre i forhold til bomringen for de som kjørte 1-2 turer i tidsrommet 0600-0900. Prosent.

Retning for 1. biltur	Retning for biltur nr 2 i morgenrushet				Sum
	Ingen tur nr. 2	Inn bomringen	Ut bomringen	Krysser ikke	
Inn bomringen	29,1 %	0,6 %	1,4 %	1,6 %	32,7 %
Ut bomringen	6,4 %	0,4 %	-	0,2 %	7,0 %
Krysser ikke	48,1 %	2,6 %	0,8 %	8,7 %	60,2 %
<b>Sum</b>	<b>83,6 %</b>	<b>3,6 %</b>	<b>2,2 %</b>	<b>10,5 %</b>	<b>100 %</b>

Siden dagens bompengering fanger opp de fleste reiserelasjoner som bør belastes med en høy køavgift ser vi at dette omfatter grovt regnet 1/3 av bilturene med start i mellom kl 06 og kl 09.

#### **Reiseformål for bilturene i morgenrushet 0600-0900.**

Bilførerne er i varierende grad avhengig av bilen som transportmiddel. Transport av barn, dårlig kollektivtilbud, behov for bil i arbeidet medvirker

til at en del av trafikantene regnes som bundne bilbrukere. Andre har større muligheter til å velge andre transportmåter.

Det er reisene til arbeid eller skole som dominerer trafikken i morgentimene med 69 % av alle turene. Vi må regne med at reiser til skole/utdanningsinstitusjon utgjør en relativt liten andel av dette. 10 % er reiser i arbeidet og 8 % har som formål å bringe eller hente barn. Ser vi spesielt på turene som kjøres inn gjennom bompengeringen er andelen reiser til arbeid/skole enda høyere, 78 %.

Tabell 20 viser reiseformål for alle bilturene totalt og for turer som kjøres inn bomringen.

Tabell 20: Bilturer fra RVU for Oslo/Akershus 1990. Formålet for turene med start i tidsrommet 0600-0900 på virkedager.

Formål med biltur	Formål for bilturer totalt	Formål biltuer inn bomringen
Til arbeid/skole	69 %	78 %
Reise i arbeidet	10 %	11 %
Følge/hente barn	8 %	3 %
Følge/hente andre	2 %	2 %
Hjemreise	6 %	3 %
Annet	5 %	3 %

Det er altså bare 11 % av turene innover bompengeringen om morgenen hvor formålet ikke er reise til eller i arbeid.

Tabell 21 viser formålet for bilførere som kjørte én biltur i løpet av morgenerushet. For disse er andelen reiser til arbeid/skole helt oppe i 83 prosent. Bilturer som går inn over bomringen har spesielt høy andel arbeidsreiser. Sannsynligvis har en like høy andel av de som tar flere turer arbeid eller skole som ett av turformålene.

Tabell 21: De som kjørte én tur i morgenrushet kl 0600-0900 fordelt etter formål med bilturen. Prosent.

Formål	Retning på bilturen			
	Inn bomringen	Ut bomringen	Krysser ikke	Alle turene
Til arbeid/skole	86,0	78,6	82,2	83,3
Reise i arbeidet	8,7	10,5	7,2	8,0
Følge/hente barn	0,9	1,2	2,8	2,0
Følge/hente andre	0,3	0,3	0,3	0,3
Hjemreise	1,4	6,2	4,3	3,4
Annet	2,7	2,0	3,4	3,0

### ***Bilreiser som inkluderer levering eller henting av barn***

I reisevaneundersøkelsen for 1990 hadde 8 prosent av alle bilturene i morgenrushet levering av barn som neste formål på reisen. Blant bilførerne er det 489 (9,4 %) som skal levere barn. Disse kjører i gjennomsnitt 2 turer i løpet av de tre rushtimene. Relativt mange, 10 prosent, kjører 3 turer.

Det er en overvekt av kvinner blant de som kjører barn i morgenrushet. 58 prosent av bilister med dette formålet er kvinner. Blant de øvrige bilførerne er kvinneandelen nede i 34 prosent. Av alle som har fylt ut reisedagbøker for virkedager er 48 % menn og 52 % kvinner.

Tallene i Tabell 21 viser at turer for levering av barn har en lavere andel av turene inn bomringen enn av det totale antall turer. Til sammenligning øker andelen arbeidsreiser.

De fleste som har behov for å kjøre barn om morgenen har ikke bomringen mellom bolig og barnehage e.l. Totalt gjelder dette 86 prosent.

Tabell 22 viser fordelingen av bostedsområde og leveringssted for de som kjører barn i bil i morgenrushet. Det er Oslo indre by som har størst trafikk til og fra de andre områdene, men blant dem som bor i de sentrale delene av byen har 84 prosent leveringssted innenfor bomringen. Med en geografisk inndeling av Oslo/Akershus i 9 områder, finner vi at 82 prosent leverer barn innenfor det området de er bosatt.

Blant de som bor i ytterområder er det Oslo ytre sør og Øvre Groruddalen som relativt sett har mest levering/henting av barn i sentrale deler av Oslo.

Tabell 22: Bilførere som kjørte barn i tidsrommet 0600-0900 fordelt etter boligområde og område hvor barn leveres.

Område	% bosatt i området	% som leverer barn i området	% som leverer barn i sitt bostedsområde
<b>Follo, Nesodden,</b>	12	<b>10</b>	<b>81</b>
<b>Enebakk, Romerike</b>	22	<b>23</b>	<b>97</b>
<b>Oslo indre by</b>	5	<b>8</b>	<b>57</b>
<b>Oslo vest i.f. bomring</b>	7	<b>8</b>	<b>68</b>
<b>Oslo øst i.f. bomring</b>	6	<b>8</b>	<b>76</b>
<b>Oslo ytre vest</b>	13	<b>13</b>	<b>80</b>
<b>Øvre Groruddalen</b>	8	<b>6</b>	<b>66</b>
<b>Oslo ytre sør</b>	8	<b>6</b>	<b>67</b>
<b>Totalt</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>82</b>

Det er altså en relativt liten andel av de turer som har som formål å levere barn som krysser bomringen, men det forhold at man har en slik tur kan selvsagt være en sterkt medvirkende årsak til at man benytter bil videre.

#### ***Bilførere med to kryssinger inn bomringen i morgenrushet***

Noen som umiddelbart ville bli sterkt berørt av en avgiftsdifferensiering, er de som har behov for å kjøre inn gjennom bomringen mer enn én gang i løpet av morgenrushet. Behov for å levere barn til barnehage før arbeidstid kan tenkes å være årsak til uheldig reisemønster i forhold til bomringen.

19 prosent av bilførerne i morgenrushet kjører mer enn én tur. I gjennomsnitt kjører hver bilfører i 1,2 turer. Det er imidlertid svært få som passerer en bomstasjon innover mot sentrum mer enn én gang i løpet av disse timene. 2,5 % av bilførere som kjører inn gjennom bomringen rekker å kjøre ut og passere inn igjen. I tabell 23 vises kombinasjonene av reiseformål for 1. og 2. biltur for disse førerne. De to vanligste reisekombinasjonene her er en reise i arbeid eller en hjemreise etter først å ha kjørt til arbeidsplass eller skole. Det er sannsynlig at endel av de som har registrert ovennevnte turkombinasjoner ikke er nødt til å ha et slikt reisemønster hver virkedag.

Bilførere som sannsynligvis er mer bundet til å gjenta reisemønsteret daglig har ikke mange doble bompasseringer. Følge/henting av andre enn barn før man drar til arbeid utgjør 9 % av turene, mens kjøring av barn har en andel på 2 % her.

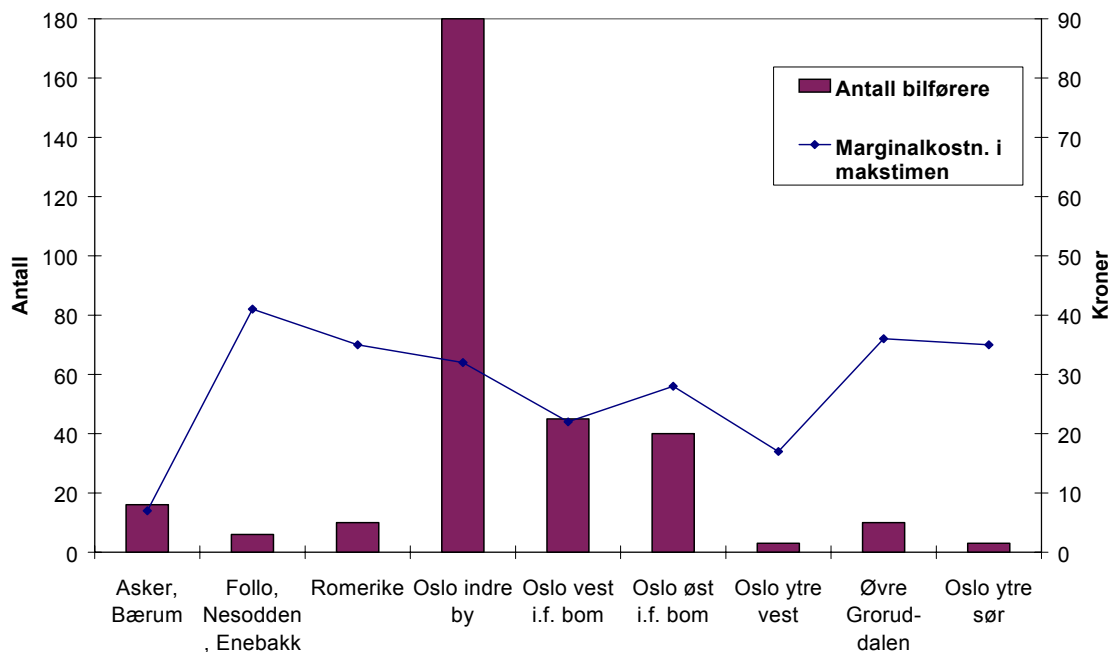


Tabell 23: Bilførere som har kjørt 2 turer inn gjennom bomringen i morgenrushet. Kombinasjon av reiseformål for 1. og 2. tur.

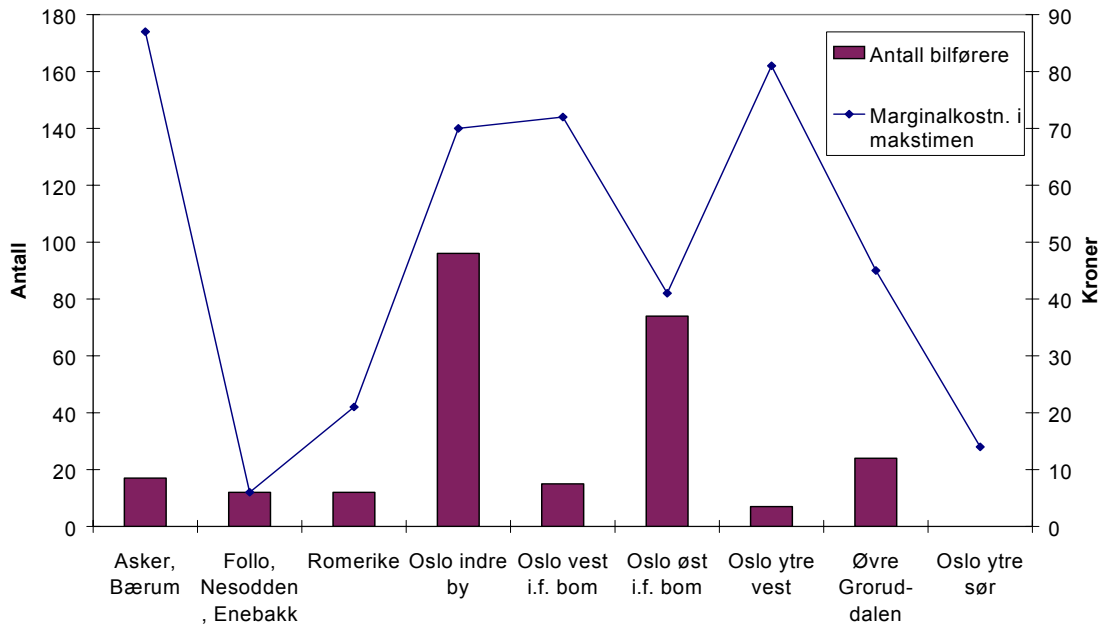
Formål med 1. biltur	Formål med 2. biltur				
	Til arb./skole	Reise i arb.	Følge/hente barn	Hjemreise	Annet
Til arb./skole	2 %	31 %	2 %	20 %	0 %
Reise i arbeid	0 %	13 %	0 %	4 %	0 %
Følge/hente barn	2 %	0 %	0 %	2 %	2 %
Følge/hente andre	9 %	0 %	0 %	2 %	4 %
Annet	0 %	0 %	0 %	4 %	0 %
<b>Ialt</b>	13 %	44 %	2 %	33 %	7 %

Søylene i de neste 6 figurene viser lokalisering av arbeidsplass for de som er bosatt i ytre områder, og som hadde minst én tur med bil inn bomringen i morgenrushet. Kurvene angir gjennomsnittlig marginal køstkostnad i maksimaltiden for en biltur på relasjonen bosted/arbeidsplass.

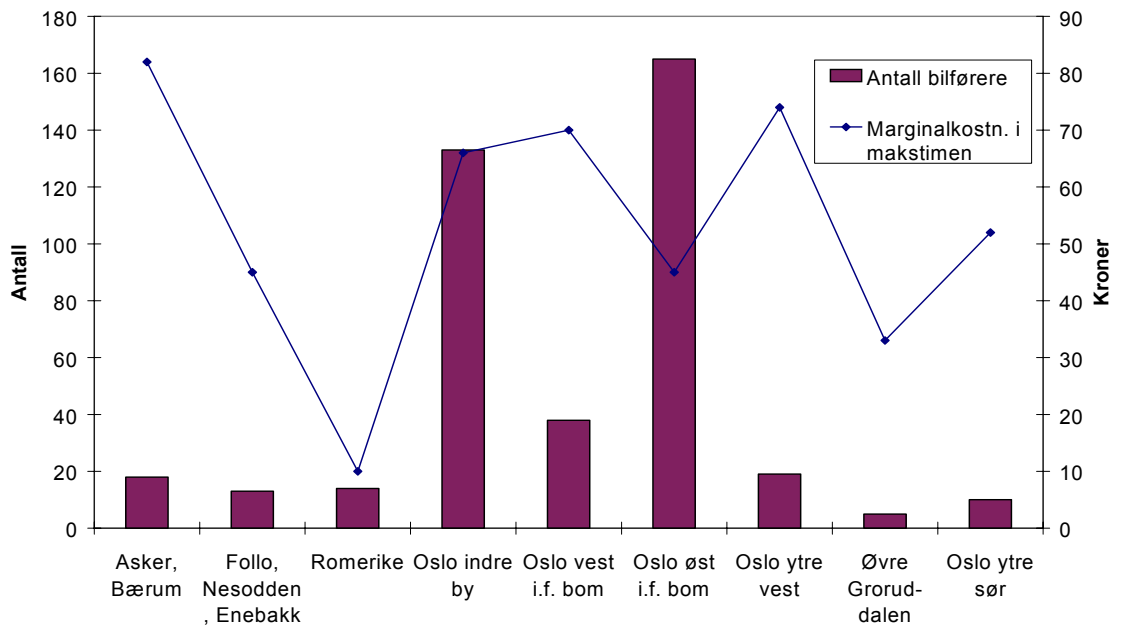
Figur Feil! Ukjent bryterargument.5: Bilførere bosatt i Asker/Bærum



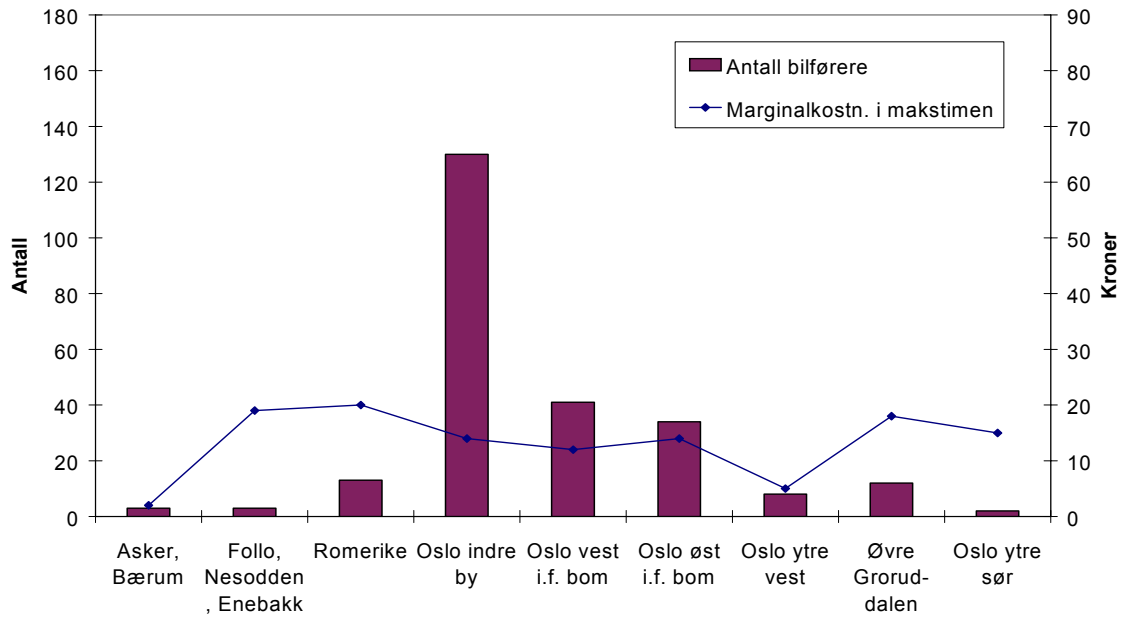
Figur 16: Bilførere bosatt i Follo, Nesodden, Enebakk.



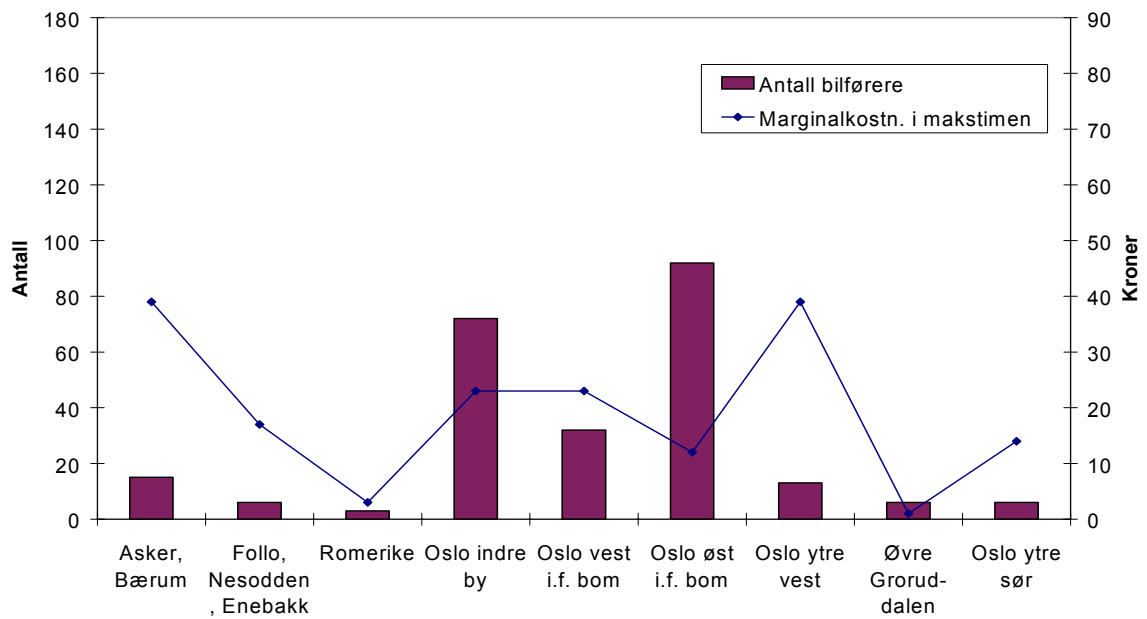
Figur 17: Bilførere bosatt på Romerike.



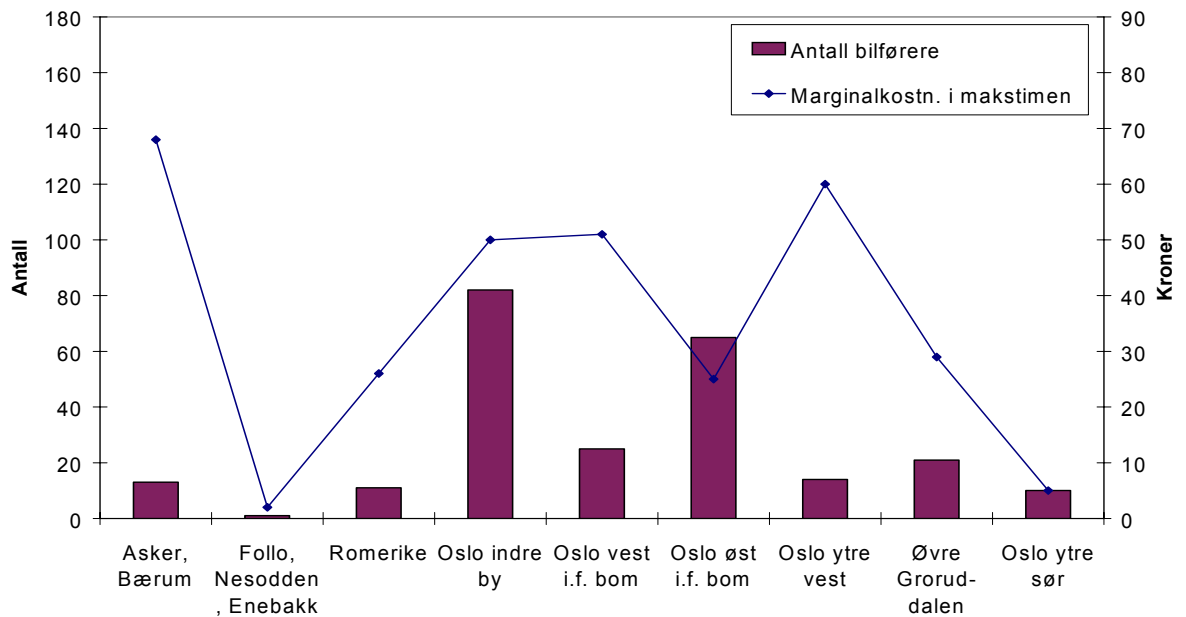
Figur 18: Bilførere bosatt i Oslo ytre vest.



Figur 19: Bilførere bosatt i Øvre Groruddalen.



Figur 20: Bilførere bosatt i Oslo ytre sør.



De bilreisene som har de høyeste køknadene om morgenen er turer som kjøres mellom ytterområder gjennom sentrale deler av Oslo. Disse er ikke de aller mest aktuelle relasjonene for bilreiser mellom hjem og arbeidssted i noen av bostedssonene.

Til gjengjeld er det stor trafikk av arbeidsreiser på de nest dyreste relasjonene. Disse turene går fra ytterområdene til det sentrale Oslo, spesielt til sentrum og indre øst.

Kurvene for marginalkostnad i figurene gjelder topptimen om morgenen. Søylene omfatter bilturer i en tretimersperiode. Gjennomsnittlig marginalkostnad for hele morgenrush-perioden ligger altså noe lavere enn figurene viser.

Reisemønsteret for bilturer mellom bosted og arbeidssted vil ha endret seg noe siden 1990 pga endringer i bosettingsmønsteret og økning i antall arbeidsplasser i Vestkorridoren.

### 6.6.2 Ettermiddagsrushet

80 prosent av de som kjører bil i løpet av de tre timene i morgenrushet, kjører også i ettermiddagsrushet (kl 1500 - kl 1800).

En stor del av turene kjøres altså ut gjennom bompengeringen, fra eller gjennom sentrale deler av Oslo. Med dagens ordning innkreves det derfor ikke bomavgift for de dyreste bilturene i de mest trafikkbelastede timene om ettermiddagen. Ved innføring av en slik avgift får de som vanligvis foretrekker å kjøre inn mot sentrum i morgenrushet og ut igjen i ettermiddagsrushet umiddelbart en ganske kraftig forhøyelse av sine daglige kjørekost-

nader. Endel av disse har sannsynligvis mindre muligheter til å flytte bilturen til timer med lavere takster eller velge annen transport.

Sammenlignet med morgenerushperioden, er biltrafikken i Oslo/Akershus større i ettermiddagsrushet. Som nevnt kjørte 5200 av intervjupersonene i RVU 1990 tilsammen 6 300 bilturer i morgenerushet. I ettermiddagsrushet er det ca 5450 personer som kjører tilsammen nesten 7700 turer. Et gjennomsnittlig antall bilturer pr fører på 1,4 i en tretimersperiode er også litt høyere enn om morgenen. 92 % av bilførerne i ettermiddagsrushet kjører én eller to turer og 6 % kjører tre turer. Blant de sistnevnte tar nesten 90 % alle tre eller to av turene uten bomkryssing. Å krysse ut gjennom dagens bomringsystem to ganger i den største ettermiddagstrafikken er det nesten ingen som klarer.

Sammenlignet med morgenerushet har bilturene noe større retningsspredning om ettermiddagen. 27 % kjører ut bomringen én gang og nesten ingen kjører ut to ganger. 17 % kjører inn og 58 % av bilførerne i ettermiddagsrushet krysser ikke bomringen.

Tabellene under viser retning i forhold til dagens bomring for bilførernes to første turer kjørt i ettermiddagsrushet.

Tabell 24: Bilførere fra RVU for Oslo/Akershus 1990. Turmønster i forhold til bomringen for bilførernes to første turer i tidsrommet 1500-1800.

Retning for biltur nr 2 i ettermiddagsrushet					
Retning for 1. biltur	Ingen tur nr. 2	Inn bomringen	Ut bomringen	Krysser ikke	Sum
Inn bomringen	592	16	80	90	778
Ut bomringen	984	48	-	216	1 248
Krysser ikke	2 249	71	117	969	3 406
<b>Sum</b>	<b>3 825</b>	<b>135</b>	<b>197</b>	<b>1 275</b>	<b>5 432</b>

Tabell 25: Bilførere fra RVU for Oslo/Akershus 1990. Turmønster i forhold til bomringen for bilførernes to første turer i tidsrommet 1500-1800. Prosent.

Retning for biltur nr 2 i morgenerushet					
Retning for 1. biltur	Ingen tur nr. 2	Inn bomringen	Ut bomringen	Krysser ikke	Sum
Inn bomringen	10,9 %	0,3 %	1,5 %	1,7 %	14,3 %
Ut bomringen	18,1 %	0,9 %	-	4,0 %	23,0 %
Krysser ikke	41,4 %	1,3 %	2,2 %	17,8 %	62,7%
<b>Sum</b>	<b>70,4 %</b>	<b>2,5 %</b>	<b>3,6 %</b>	<b>23,5 %</b>	<b>100 %</b>

**Reiseformål for bilturene i ettermiddagsrushet 1500-1800.**

75 prosent av de som kjører inn gjennom bomringen i morgenrushet kjører ut igjen i løpet av ettermiddagsrushet. I hovedsak er dette den store gruppen reisende til arbeid eller skole som er på veg hjem igjen. Disse har også i gjennomsnitt noen flere andre ærend etter arbeidstid. I tillegg inneholder ettermiddagsrushet endel nye trafikantgrupper som ikke er ute om morgenen. Derfor blir trafikken om ettermiddagen større og av mer sammensatt formål enn om morgenen, som de to neste tabellene viser.

Tabell 26 viser formål for alle bilturene som kjøres i ettermiddagsrushet totalt og ut gjennom dagens bompengering.

Et bilde av reisemønster og formål for bilførerne om ettermiddagen får vi ved å se på kombinasjonen av reiseformål for de som kjører to turer, vist i tabell 10.

*Tabell 26: Bilturer fra RVU for Oslo/Akershus 1990. Formålet for turene med start i tidsrommet 1500-1800 på virkedager.*

Formål med biltur	Formål for bilturer totalt	Formål for bilturer ut bomringen
Til arbeid/skole	4 %	2 %
Reise i arbeidet	4 %	3 %
Følge/hente barn	8 %	6 %
Følge/hente andre	3 %	1 %
Innkjøp dagligvarer	7 %	3 %
Andre innkjøp	3 %	1 %
Privat ærend	3 %	2 %
Egen fritid	4 %	2 %
Privat besøk	3 %	3 %
Hjemreise	61 %	74 %
Annet	2 %	2 %

Tabell 27: Bilførere som har kjørt 2 turer i ettermiddagsrushet. Kombinasjon av reiseformål for 1. og 2. tur. Prosent.

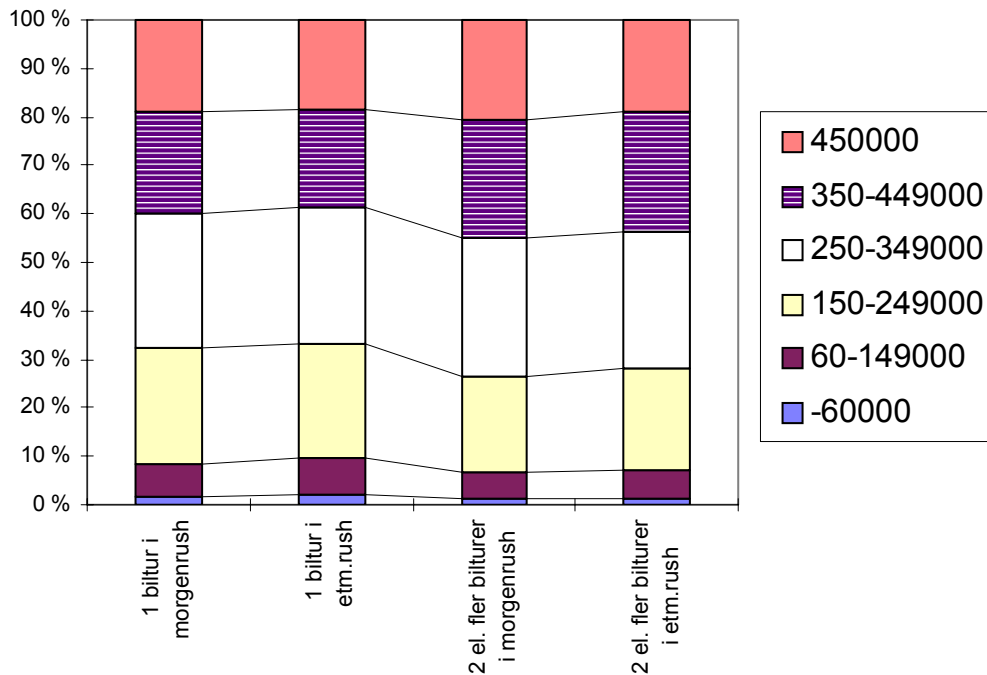
Formål med 1. biltur	Formål med 2. biltur									
	Til arb/ skole	Reise i arb.	Følge/ hente barn	Innkj. dagl. varer	Andre innkj.	Privat ærend	Egen fritid	Privat besøk	Hjem- reise	Annet
Til arb./skole		0,1	0,1	0,1			0,1		3,6	
Reise i arbeid	0,1	1,4		0,1					5,3	0,4
Følge/hente barn	0,3		0,3	0,1	0,3			0,1	19,6	0,1
Følge/hente andre	0,2		0,1	0,2	0,2		0,1	0,2	6,2	0,2
Innkjøp dagligvarer	0,1		0,1				0,3	0,2	17,8	
Andre innkjøp	0,1		0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,2	3,8	0,2
Privat ærend			0,1			0,3	0,2	0,3	3,3	
Egen fritid	0,3			0,1	0,1		0,1	0,2	1,4	
Privat besøk	0,1						0,1	0,2	2,2	0,2
Hjemreise	4,1	0,7	3,0	2,7	1,2	2,1	6,1	3,5	1,6	1,3
Annet	0,2						0,1		1,7	0,2
Ialt	5,4	2,2	3,9	3,3	2,0	2,5	7,1	4,8	66,6	2,6

### 6.6.3 Inntektsnivået til bilførerne i rushperiodene

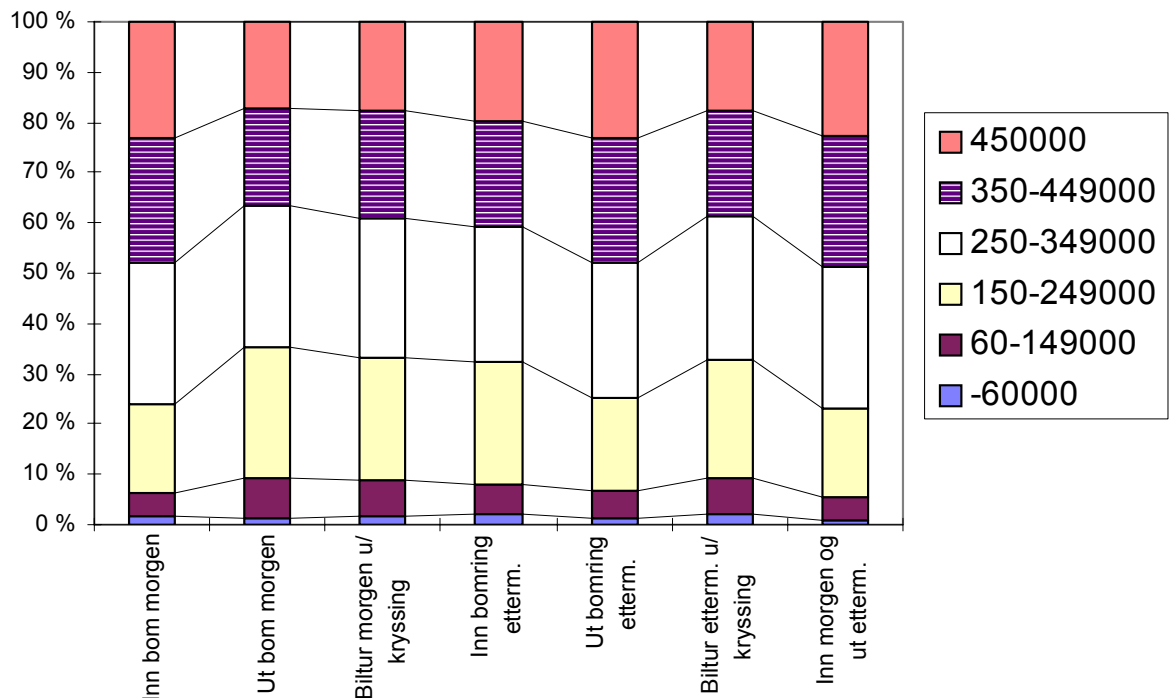
Analysene hittil indikerer ikke at store trafikantgrupper daglig er bundet av svært vanskelige reiseruter i rushperiodene. Størparten av reisene over dagens bomring i de købelastede periodene er transport til og fra arbeid. Det er en liten andel av bilførerne som tilhører lavinntektsgrupper. Blant de som bruker bilen mest og kjører flere turer er inntektsnivået noe høyere enn blant de som tar én tur. I reisevaneundersøkelsen viser det seg også at inntektsnivået ligger høyere blant de som kjører de samfunnsøkonomisk mest kostbare turene. Aller høyest gjennomsnittlig inntekt finner vi blant de som både kjører inn gjennom bomringen i morgenrushet og ut igjen i ettermiddagsrushet.

Figurene nedenfor viser fordeling på personlig bruttoinntekt for bilførerne etter antall turer og retning på bilturene i belastede perioder.

Figur 21 : Inntektsfordelingen for bilførerne etter antall turer i morgen- og ettermiddagsrushet.



Figur 22 : Inntektsfordeling for bilførerne etter kjøreretning i forhold til dagens bomring i morgen- og ettermiddagsrushet.



Praktisk talt alle avgifter i Norge vil også innebære en «belastning» for lavinntektsgrupper. Hvis man på noen måte skal karakterisere en kjøavgift i forhold til andre avgifter i så hensende, må det være at avgiften i minst like



stor grad som er tilfelle med mange andre avgifter vil betales av grupper med inntekt på eller over gjennomsnittet.

## 7 Vegprising som virkemiddel i transport - og miljøpolitikken

### 7.1 Hvorfor vegprising?

Vegprising er ikke et entydig begrep. Her brukes det som en fellesbetegning på alle (sær-) avgifter på bilbruk hvor avgiftsbelastningen for den enkelte bil varierer med kjøredistansen og/eller tid og sted for bruken. Med en så vid avgrensning vil begrepet vegprising omfatte såvel bompenger eller annen direkte betaling for bruk av veger som særavgifter på drivstoff og en del av engangsavgiften.

Vegtrafikk medfører en rekke ulemper/skadevirkninger for «omgivelsene». Disse kan betraktes som en samfunnsmessig kostnad ved vegtrafikk utover kostnadene for vegsystemet og kjøretøyparken. I noen tilfeller vil ulempe/skadevirkningene ha et direkte motstykke i finansielle kostnader. For en stor del dreier det seg imidlertid om ulemper/skadevirkninger som ikke har en direkte finansiell motpost, men som like fullt kan betraktes som en kostnad. Ulempene/skadevirkningene kan også betegnes som eksterne kostnader ved vegtrafikk. I dette ligger at de ulemper som en biltur påfører andre mennesker eller miljøet normalt ikke tas med i vurderingen når en person eller bedrift bestemmer seg for å bruke bil, dvs kostnadene er eksterne i forhold til beslutningstakeren.

Hovedhensikten med vegprising *som virkemiddel* er å «internalisere» de eksterne kostnader som biltrafikk medfører. Legger man egnede avgifter på bilbruk som motsvarer de eksterne kostnader, vil de eksterne kostnader også inngå som en del av de privatøkonomiske kostnader ved bilbruk. Dermed blir de også som en del av beslutningsgrunnlaget i forbindelse med bilbruk og blir tatt hensyn til.

Det er grunn til å understreke at vi i denne sammenheng primært er interessert i prisenes *motiveringseffekt*. Poenget er å legge til rette for en «riktig» avveining av nytte og kostnad i forbindelse med alle beslutninger omkring hvor og når biler brukes, enten dette er for private reiser eller i næringsøyemed. Hvis vi i utgangspunktet «aksepterer» bilbrukerens egen vurdering av nytten ved en biltur blir oppgaven for det offentlige å sørge for at bilbrukerne også baserer sine beslutninger på en «riktig» vurdering av de samfunnsmessige kostnader ved bilturen.

Skal motiveringseffekten ivaretas er det viktig at det *for den enkelte biltur* er et forholdsviss godt samsvar mellom avgiftsbelastning og eksterne kostnader. Hvis det er store variasjoner i eksterne kostnader avhengig av

hvor og når en biltur foretas bør dette også reflekteres i avgiftene som påløper for den enkelte tur. Generelt vil det være slik at jo bedre variasjoner i avgiftsbelastning reflekterer variasjoner i eksterne kostnader, jo mer effektive vil avgiftene være som *virkemiddel* i transport- og miljøpolitikken.

Dette formål med avgifter på bilbruk må skilles klart fra de fiskale hensyn hvor størrelsen på det offentlige inntekter er det primære og fra spørsmålet om vegtrafikkens *totale* kostnadsansvar. Vi kan f eks ikke regne med at et avgifts- eller vegprisingssystem som gjør at bilistene betaler de eksterne kostnader *ved den enkelte biltur* nødvendigvis vil innebære at vegtrafikken betaler for de totale ulemper/skadevirkninger som vegtrafikken medfører. Et avgiftssystem basert på marginalkostnader som det her er tale om, gir f eks i seg selv ikke noen garanti for at man får dekket inn kapitalkostnader og andre faste vegholdskostnader.

Selv med «perfekte» avgifter på bilbruk må vi regne med at vegtrafikk vil medføre betydelige eksterne kostnader. Dvs man «løser» ikke problemet med miljøulemper fra vegtrafikk på denne måten. Forholdet er at bilbruk også har såvidt stor nytteverdi at det vil være «riktig» å akseptere relativt store ulemper og skadevirkninger. Litt enkelt sagt vil formålet med vegprising være å fjerne den bilkjøring som i utgangspunktet har så liten nytteverdi at denne ikke oppveier kostnaden. I noen grad vil dette også innebære en viss omfordeling av bilturer i tid og rom og ikke nødvendigvis så stor reduksjon totalt sett i antall kjtkm.

Et forhold man også skal være oppmerksom på er følgende: Sett at vi klarer å gjennomføre «perfekt» vegprising i den forstand at alle eksterne kostnader blir internalisert på en hensiktsmessig måte gjennom et avgiftssystem. I følge tankegangen ovenfor skulle vi da også ha en nytteverdi som er større enn den samfunnsmessige kostnad. Allikevel vil det kunne være stor misnøye med situasjonen. Dette vil ikke minst skyldes at ulempene fra vegtrafikk er meget skjevt fordelt og at det ikke er noen mekanisme som automatisk sørger for at de grupper som er sterkest rammet blir kompensert for ulempene. For disse er det liten trøst i å vite at vegtrafikanterne «betaler for seg» så lenge de ikke selv får betalt for de ulemper de selv utsettes for.

Det finnes mekanismer som innebærer en viss kompensasjon for miljøulemper fra vegtrafikk. I første rekke dreier det seg her om det forhold at lokale miljøulemper vil reflekteres i prisen på boligeiendommer. Dette innebærer at miljøulemper fra vegtrafikk i noen grad vil motsvares av lavere boutgifter, se f eks Grue et al (1997) . På den annen side vil det kunne oppstå store tap/gevinster for enkeltindivider i form av verditap eller verdiøkning på eiendommer i forbindelse med lokale *endringer* i den miljømessige belastning som vegtrafikk medfører.

## 7.2 Eksterne kostnader

De komponenter som vi vanligvis regner med inngår i (avgiftsrelevante) eksterne kostnader er:

1. En del av kostnadene ved trafikkulykker
2. Globale utslipp (utslipp av klimagasser)
3. Lokale utslipp (avgasser, partikler og støv fra piggdekk)
4. Trafikkstøy
5. Vegslitasje
6. Forsinkelser som den enkelte bilist påfører annen vegtrafikk

I tillegg til disse komponenter er det neppe tvil om at veger i seg selv i mange tilfeller representerer en ulempe, dels som inngrep i det fysiske miljø og dels som barrierer for annen ferdsel. Når en veg først er anlagt med de skadevirkninger dette eventuelt måtte innebære, er det imidlertid tale om en fast kostnad og det er bare ulemper som varierer med trafikkvolumet på vegen som da er avgiftsrelevante i forbindelse med vegprising. Vi må også regne med at det er en del vanskelig definerbare og målbare effekter av vegtrafikk som ikke direkte fanges opp av 1. - 6. og hvor sammenhengen med endringer i trafikkvolum er forholdsvis uklar. Eksempelvis kan det dreie seg om foreldres bekymring for sine barn når disse ferdes i omgivelser som ikke er skjermet for biltrafikk.

I prinsippet vil vegprising som skal reflektere kostnadskomponentene 1. - 6. på en «perfekt» måte, måtte variere med kjøretøytype, vegtype, vegens omgivelser og med tidspunkt for bruken av vegen.

### 7.3 Trafikkulykker

Når ikke alle ulykkeskostnader kan regnes som eksterne (og avgiftsrelevante) skyldes det at biltrafikanter «frivillig» aksepterer en viss risiko for å bli drept eller skadet når de bruker bilen. Denne risiko tar de i større eller mindre grad hensyn til og den kan derfor i utgangspunktet betraktes som en internalisert kostnad. Det kan imidlertid diskuteres om folk flest har en «riktig» oppfatning av den risiko de utsetter seg for i forbindelse med bilkjøring, enten det er som fører eller passasjer. Forholdet mellom subjektivt opplevd risiko i trafikken og «objektiv» ulykkesrisiko har vi liten kunnskap om, men det er ikke tvil om at folks adferd tilsier at den subjektivt opplevde risiko ikke er ubetydelig.

Den *eksterne* ulykkeskostnad er endringen i forventet ulykkeskostnad for «andre» når en ekstra biltur foretas. Elvik (1994) har anslått de gjennomsnittlige eksterne ulykkeskostnader pr kjtkm. Disse er også benyttet av Eriksen og Hovi (1995).

Det må erkjennes at det er store problemer forbundet med å utforme en avgift som internaliserer de relevante ulykkeskostnader slik at avgiften har den ønskede *motivasjonseffekt*. Det ville i såfall måtte bety at avgiften burde være utformet slik at den også «straffet» uforsiktig kjøring. I dag ivaretas dette aspekt først og fremst gjennom trafikkovervåking og «straff» for bilister som blir tatt i brudd på trafikkreglene. Slik sett er det en viss «pris» også knyttet til uforsiktig kjøring. Denne «pris» er lik forventet straff som

igjen avhenger av sannsynligheten for å bli tatt for brudd på trafikkreglene og «straffens» størrelse. Utover en «straff» for uforsiktig kjøring burde en «riktig» avgift for eksterne ulykkeskostnader i prinsippet være km-avhengig og variere med kjøretøyets egenskaper (tunge kj rt y øker f.eks. sannsynligheten for skader på «andre» i forbindelse med kollisjoner). Ulykkesstatistikken viser også at risikoen varierer med vegtype. I bymessige områder har man jevnt over større ulykkesrisiko pr. kjørt km, men alvorlighetsgraden av ulykkene er til gjengjeld noe lavere enn i spredtbygdge strøk.

## 7.4 Globale utslipp

Skadevirkninger av globale utslipp er først og fremst knyttet til CO<sub>2</sub>-utslipp. Disse er tilnærmet proporsjonale med drivstofforbruket, dvs. at en avgift på drivstoff er velegnet når det gjelder å ivareta denne kostnad. Kostnaden ved utslipp av klimagasser er pr. idag vanskelig å beregne med noen særlig nøyaktighet. Avgiften som eventuelt skal reflektere denne kostnad kan imidlertid baseres på kostnaden ved å oppnå de utslippsreduksjoner som Norge forplikter seg til gjennom internasjonale avtaler.

## 7.5 Lokale utslipp til luft

Skadevirkningene som forårsakes av en ekstra biltur er her dels avhengig av utslippsmengden fra det spesifikke kjøretøy, dels av vegens omgivelser og lokalklimatiske forhold og dels av antall eksponerte personer og konsentrasjonen av luftforurensing i utgangspunktet. Dette vil innebære at en pris eller avgift som skal ivareta lokale milj ulempen knyttet til luftforurensing bør variere med utslippsmengden som produseres av det enkelte kjøretøy. Avgiften bør i tillegg variere i tid og rom. En avgift på drivstoff fanger opp en del av kostnadsvariasjonene fordi drivstofforbruket varierer med kjøreforholdene, men en drivstoffavgift vil neppe gi store nok variasjoner i tid og rom til å reflektere kostnadene knyttet til lokal luftforurensing på en helt tilfredsstillende måte.

## 7.6 Trafikkstøy

Støy fra vegtrafikk er en stor ulempe i tettbygde områder, men vil bety relativt lite i avgiftssammenheng. Forholdet når det gjelder støy er at et enkelt kj rt ys bidrag til opplevd støy synker med det trafikkvolum (og støynivå) man har i utgangspunktet. Dette innebærer at hvis man først har et visst trafikkvolum, så vil den «st ykostnad» som kan tilbakeføres til en ekstra biltur være meget liten så sant ikke kjøretøyet har en egenst y som vesentlig overstiger den gjennomsnittlige egenst y fra den trafikk som er der i utgangspunktet. Dette vil normalt bare være tilfelle for en del tunge kjøretøy og motorsykler. En «riktig» utformet avgift for støy burde variere med kjøretøytype, vegens omgivelser og trafikkvolum.

## 7.7 Vegslitasje

Her er det tale om de ekstra knstnader til vegvedlikehold som en ekstra bil-tur medfører. Når en veg først er bygget og skal holdes åpen for trafikk er det meste av vegholdsknstnadene gitt. Den avgiftsrelevante knstnad blir da meget liten. For lette biler er det mest piggdekk som gir vegslitasje, mens knstnadene blir en del større for tunge biler.

## 7.8 Størrelsen på (avgiftsrelevante) eksterne knstnader

Tabell 28 viser knstnadsanslag på komponentene 1. - 5. basert på den kunnskap vi i dag har. Det dreier seg her om gjennomsnittstall på landsbasis og knstnadene pr kjøretøykm vil variere noe i tid og rom. I byer og tettbygde strøk vil knstnadene ligge noe over gjennomsnittet, men neppe dramatisk over. Vi må i denne sammenheng huske på at selv om vegtrafikk stort sett medfører høyere miljørelaterte knstnader i byer og tettbygde strøk enn utenfor tettbygde strøk, så innebærer ikke dette nødvendigvis at de miljøknstnader som forårsakes av «en ekstra kjtkm» i vegsystemet er vesentlig høyere.

Tabell 28: Eksterne knstnader pr kjøretøykm. Kr/km.

	Lokalt utslipp			Støy	Ulykker	Slitasje	Sum
	Gasser*	Støv, part.	CO2				
<i>Persontransport</i>							
Personbiler, bensin	0,128	0,067	0,088	0,052	0,229	0,004	0,568
Personbiler, diesel	0,117	0,061	0,081	0,052	0,229	0,004	0,544
Buss	0,624	0,327	0,521	0,522	0,759	0,454	3,207
Motorsykler mv	0,050	0,026	0,034	0,261	0,730	0,000	1,100
<i>Godstransport</i>							
Lette godsbiler, bensin	0,153	0,080	0,105	0,052	0,372	0,048	0,811
Lette godsbiler, diesel	0,115	0,060	0,096	0,052	0,372	0,048	0,744
Godsbiler, 1-4,9 tonn	0,181	0,095	0,151	0,261	0,319	0,106	1,112
Godsbiler, 5-7,9 tonn	0,402	0,210	0,335	0,522	0,319	0,721	2,509
Godsbiler, 8 tonn +	<u>0,638</u>	<u>0,335</u>	<u>0,533</u>	<u>0,522</u>	<u>0,319</u>	<u>0,798</u>	<u>3,144</u>

\* SO<sub>2</sub>, CO, Nox, bly mv. Kilde: Eriksen og Hovi (1995) Tabell 8.6

Tabell 28 tyder på at eksterne knstnader knyttet til miljø, ulykker og vegslitasje summerer seg opp til ca kr 0,60 pr km for lette biler i gjennomsnitt. I større byer kan man for en del av trafikken *kanskje* komme opp i knstnader som ligger 10 til 20 øre høyere enn gjennomsnittet og med et tilsvarende prosentvis påslag for tyngre kjøretøy. Utfra den kunnskap vi har i dag om størrelsen på eksterne (og avgiftsrelevante) knstnader vil det for lette biler altså kunne dreie seg om et gjennomsnitt på kr 0.60 pr kjtkm med et variasjonsområde av størrelsesorden ± kr 0,20 som ivaretar forskjeller i tid, rom og kjøretøykarakteristika. En fmggradert avgift innenfor et område på kr 0,40 - 0,80 pr km er imidlertid vanskelig (og trolig kostbar) å gjennomføre i

praksis og vil neppe ha stor motivasjonseffekt i forhold til en mer generell avgift som ligger nær gjennomsnitt og kan gjennomføres med de avgifter vi i dag har på drivstoff og kjøretøy.

Konklusjonen fra de beregninger som finnes i Eriksen og Hovi (1995) er at lette biler i dag har en avgiftsbelastning gjennom drivstoffavgifter mm som omtrent motsvarer den avgiftsrelevante marginalkostnad *i gjennomsnitt* for alle typer kjøring. I tillegg må også en del av engangsavgiften betraktes som en kilometeravhengig avgiftsbelastning fordi en del av avskrivningen på biler er distanseavhengig. En del av de eksterne ulykkeskostnader vil også dekkles inn gjennom kjøretøyenes ansvarsforsikring. Totalt sett er det derfor i utgangspunktet neppe noe stort misforhold mellom (eksterne og avgiftsrelevante) kostnader knyttet til vegslitasje, miljø og ulykker og distanseavhengige avgifter for lette biler *selv i byer og tettbygde strøk*. Det må imidlertid understrekes at beregning av eksterne miljøkostnader, og for såvidt også ulykkeskostnader, er vanskelig og at de estimerer man har er beheftet med relativt stor usikkerhet og kan bli revidert.

Igjen bør det også presiseres at det er tale om kostnader som varierer med (moderate) endringer trafikkvolum. Det er primært i slike sammenhenger at vegprising kan være et hensiktsmessig virkemiddel.

## 7.9 Køprising

Forsinkelser som en ekstra biltur påfører annen vegtrafikk er det «klassiske» argument for vegprising. Et spesielt forhold ved køkostnader i forhold til andre eksterne kostnader er at de i første omgang praktisk talt bare rammer vegtrafikanter selv. Indirekte er imidlertid virkningene mer omfattende.

For å få et et klarere skille mellom denne komponent og de øvrige avgiftsrelevante kostnader har man internasjonalt etter hvert gått over til betegnelsen «køprising» (congestion pricing) når det er tale om internalisering av køkostnader. Kortvarige køer kan oppstå mer eller mindre tilfeldig i et vegsystem, men i større byer er køer og derav følgende dårlig trafikkavvikling et regulært fenomen i rushtidene. Det er først og fremst i denne forbindelse at internalisering av køkostnader kan påregnes å ha en viktig motivasjonseffekt. Forholdet er at når et vegsystem er købelastet eller på grensen til å bli det, så vil en ekstra biltur i systemet medføre redusert hastighet og økte kjørekostnader for den trafikk som allerede er der.

Selv om forsinkelsen for det enkelte kjøretøy som allerede er i systemet blir svært liten som følge av en ekstra biltur, så summerer det seg opp til relativt store kostnader for systemet totalt. Køkostnader har også et miljømessig aspekt. Når en ekstra biltur bidrar til dårligere trafikkavvikling for den trafikk som allerede er i systemet innebærer det at luftforurensingen ikke bare øker med utslippet fra den ekstra biltur som foretas, men at utslippene fra den øvrige trafikk også øker (Larsen og Rekdal, 1996). I de eksterne køkostnader vil det derfor også ligge en miljøkomponent.

Det er selvsagt mulig å supplere køprising med en med en avgiftskomponent som primært er utformet for å skjermte bestemte områder for vegtrafikk. Priser/avgifter er imidlertid ikke alltid det beste virkemiddel for dette formål.

Køknstnadene er av en helt annen størrelsesorden enn de andre eksterne knstnader. Til gjengjeld er forekomsten av høye køknstnader svært avgrenset i tid og rom og oppstår primært i deler av de større byers vegsystem i rushtiden selv de også kan bli relativt store andre steder i forbindelse med utfartshelger.

Hva vil en effektiv køprising kunne innebære? En effektivt utformet køprising som på en god måte internalisere de eksterne køknstnader bør:

- Bidra til en spredning av trafikken i rushtidene slik at toppene blir mindre. En del biltrafikanter vil altså velge å kjøre tidligere eller senere enn de ellers ville gjort fordi ulempen ved en justering av reisetidspunkt er mindre enn det de da sparer i reiseutgifter.
- Bidra til at en del trafikanter vil velge en annen kjørerute enn de ellers ville valgt. Bilistene velger normalt den kjørerute som er best for dem selv. Dette er ikke nødvendigvis den kjørerute som er den beste for trafikkavviklingen totalt sett dersom det ikke tas hensyn til at ulike kjøreruter kan være svært forskjellige mht til den forsinkelse som påføres annen vegtrafikk. Et køprisingsystem kan også utformes slik at man skjermte eventuelle «miljøsensitive» områder for gjennomkjøring. Et køprisingsystem som er virkelig effektivt mht å påvirke vegvalg er meget vanskelig å utforme.
- Bidra til at en del trafikanter endrer reisemåte fra bilfører til bilpassasjer, kollektivtransport eller gang/sykkel. Nettogevinsten ved overføring til kollektivtrafikk vil bli avhenge av hva det koster for kollektivsystemet å avvike ekstra trafikk i rushtiden.
- Bidra til at folk velger reisemål som innebærer mindre belastning på de kritiske deler av vegsystemet. På lenger sikt bidra til at folk velger kombinasjoner av bosted og arbeidssted som har god kollektivbetjening slik at de slipper å bruke bil i rushtidene eller kombinasjoner som innebære lite køkjøring (og avgiftsbelastning) når bil benyttes. På lenger sikt bør man også få visse effekter via endret arealbruk og lokalisering.
- Bidra til å redusere tilskuddsbehovet for kollektivtrafikk. Forholdet er her at dersom ikke biltrafikanterne betaler det en biltur i et købelastet system faktisk koster, så vil det være «riktig» å subsidiere alternativet som i første rekke er kollektivtrafikk. Hvis bilturer prises «riktig» kan man også ha takster for kollektivreiser i rushtiden som reflekterer hva en ekstra reise koster for systemet. Larsen (1993) anslår f eks at «underpriset» biltrafikk i rushtiden rettferdigjør et ekstra tilskudd på nær 200



Mill kr pr år til AS Oslo Sporveier *utover de tilskudd bedriften bør ha av andre grunner.*

Totalt sett skulle resultatet bli at rushtidene avvikles til lavere knstnader fordi trafikkavviklingen blir bedre. En bieffekt vil være at en del vegprosjekter f r redusert sin lønnsomhet fordi gevinstene i form av reduserte køknstnader blir mindre. Man skal imidlertid være forsiktig med å overvurdere den mer langsiktige effekt på veginvesteringer. Det er bare en del av nyttesiden ved vegprosjekter i de større byer som kan tilskrives økt kapasitet og reduserte køknstnader.

Forholdet er at når man har store trafikkvolum på årsbasis så vil det også være lønnsomt med et høystandard hovedvegssystem som har planskilte kryss, tillater relativt høy hastighet og fortrinnsvis også gir korte kjøre-disanser mellom ulike deler av et byområde. Eller sagt på en annen måte: Vegsystemets *standard* er en like viktig faktor som kapasiteten ved vurdering av vegprosjekters lønnsomhet og forbedringen av standard vil som regel i seg selv kunne rettferdiggjøre relativt store investeringer uavhengig av den forbedring man eventuelt i tillegg får for trafikkavviklingen i rushperioder.

Et k prisingssystem kan utformes mer eller mindre effektivt. Dette vil påvirke i hvor stor grad man f r de effekter som er nevnt i punktene ovenfor. Normalt vil det være slik at jo bedre et system utformes mht til å ivareta motiveringseffekten desto mer komplisert og dyrt vil systemet være i drift og jo lavere blir avgiftsinntektene. En konsekvens av dette er at systemutforming strengt tatt bør baseres på en nytte-kostnad vurdering hvor kostnaden ved en gitt systemforbedring må veies mot de ekstra gevinster man derved kan få.

Nytte- og kostnadskomponenter i forbindelse med etablering av et kjøprisingssystem kan sammenstilles som i skjemaet nedenfor:

Aktører	Inntekt	Kostnad
Biltrafikanter:	Reduserte tids- og kjørekostnader	Utgifter til kjøprising  Nyttetap for bilturer som overføres/bortfaller
Kollektivsystem:	Økning i trafikkinntekter  Endring i offentlige tilskudd	Økning i kostnader
Offentlige myndigheter:	Inntekter fra kjøprising  Inntektsendring for andre særavgifter på bilkjøring	Kostnader ved å etablere og operere prissystemet  Endring i offentlige tilskudd til koll.trafikk  Reduserte kostnader knyttet til vegslitasje
Omgivelser:		Endring i kostnader for miljø og ulykker

Det man skal merke seg for oppstillingen ovenfor er at når man summerer resultatet for alle aktører så vil noen poster falle bort fordi de opptrer både som inntekt og kostnad. Hvis kollektivtrafikanterne betaler det reisene koster og særavgiftene på bilbruk forøvrig motsvarer kostnadene ved miljø, ulykker og vegslitasje så vil man på inntektsiden bare sitte igjen med «Reduserte tids- og kjørekostnader » og på kostnadsiden «Nyttetap for bilturer som overføres/bortfaller» og «Kostnader ved å etablere og operere systemet».

Gitt at prisene forøvrig motsvarer kostnader er det altså relativt få forhold man strengt tatt trenger informasjon om for å kunne vurdere et kjøprisingssystem fra et samfunnsøkonomisk synspunkt. Vurderer man alternative systemer skal man i prisippet velge det system som gir størst nettoinntekt.

Ulike systemutforminger vil i forskjellig grad gjøre det mulig å realisere de potensielle gevinster som ligger i kjøprising. En *bompengering* med differensierte takster vil f eks ha liten eller ingen betydning for bilistenes valg av kjørerute, spesielt dersom takstene er de samme for alle bomstasjoner. Dersom man holder samme takst f eks over en periode på 2-3 timer morgen og ettermiddag vil også effekten på trafikkens fordeling i tid bli forholdsvis moderat fordi de færreste har så stor fleksibilitet mht reisetidspunkt at de kan skyve på dette opp i mot en time.

Et forhold som naturlig gjør at vegprising lett vil være upopulært er at nesten alle vegtrafikanter som må betale en avgift vil oppfatte innføring av kjøprising som en forverret situasjon. De eneste som vil kunne oppnå gevinster som verdsettes høyere en den avgift som må betales, er grupper med spesielt høy verdsetting av spart reisetid. Dette betyr i praksis at veg-

*trafikanternes* oppfatning av et slikt virkemiddel kan være meget avhengig av hvordan avgiftsinntektene anvendes. Når kjøprising er samfunnsøkonomisk lønnsomt vil det - i prinsippet - være mulig å tilbakeføre nettoinntekten fra avgiftssystemet til trafikantene på en slik måte at ingen taper på tiltaket.

### **7.10 Finansielle inntekter fra et kjøprisingssystem**

Som nevnt ovenfor vil inntektene normalt bli mindre jo bedre systemet er utformet mht til å fange opp alle variasjoner i tid og rom fordi dette også gir trafikantene mange muligheter for tilpasning som gir lavere avgiftsbelastning. Et interessant spørsmål er om de finansielle inntekter også vil gi en viss veiledning mht hvor og når man bør foreta investeringer i vegsystemet. Dette spørsmål er bl a behandlet av Larsen (1992). Konklusjonen er at de finansielle inntekter kan gi en viss, men ikke tilstrekkelig informasjon når det gjelder investeringsbeslutninger. Grovt sett er konklusjonen at man skal investere i mer kapasitet når inntekten pr enhet vegkapasitet er lik kostnaden ved å utvide kapasiteten med én enhet, men med visse korreksjoner for miljøeffekter og eventuelle gevinster knyttet til forbedringer av vegsystemets standard som kapasitetsutvidelsen medfører.

## 8 Folks holdninger til vegprising

I undersøkelser som har vært gjort rundt dette temaet blant allmennheten, kommer vegprising generelt ikke ut som et særlig populært virkemiddel. Dette er ikke noe overraskende, når vi vet at:

- Det vil uvilkårlig være motstand mot å betale for noe (her vegbruk), som til nå har vært betraktet som et «fritt» gode.
- De fleste som vil måtte betale vil oppleve netto velferdstap som resultat, fordi tidsbesparelsene som oppnås ikke vil oppveies av avgiftene.

Jones (1995)<sup>2</sup> peker på at selv om holdningene jamt over er negative, så viser det seg at de kan variere ganske mye avhengig av i hvilken sammenheng et forslag presenteres, og hvilke hensyn som ivaretas. Det virker som man f eks i større byer kan oppnå mer støtte enn i små, og særlig hvis vegprising markedsføres som et effektivt middel til å løse kø- og forsinkelses-problemer. Indikasjoner fra undersøkelser foretatt i Storbritannia, Nederland og Japan går i retning av at når det gjelder restriktive tiltak, så foretrekkes kjøreforbud i bysentrum i mindre byer, og en eller annen form for vegprising i de større.

Når det gjelder hvordan selve planene kan påvirke holdningene til offentligheten, mener Jones at relevante faktorer kan grupperes innenfor følgende fire overskrifter:

- Målsettingen med planen.
- Allokering av inntekter og satsing på komplementære tiltak.
- Innkrevingsmetode.
- Praktisk gjennomførbarhet.

Med unntak av Singapore, har det altså vist seg at planer som fokuserer på å skape øremerkede inntekter til forbedring av det lokale transportsystem (bomringene i Norge), er de eneste som så langt har blitt realisert. I denne forbindelse synes det viktig at mange brukergrupper og hensyn ivaretas og blir en del av investeringspakken.

Det kan være interessant å se litt på en holdningsundersøkelse om bompengeringsene og vegprising som ble utført samtidig i Bergen, Oslo og Trondheim i august 1991, i forbindelse PAMELA-prosjektet (Thorpe og

---

<sup>2</sup> Chapter 9. Road Pricing: The Public Viewpoint. I: *ROAD PRICING: Theory, Empirical Assessment and Policy*. Red. av B. Johansson og L-G Mattsson. Kluwer.

Hills, 1992)<sup>3</sup>. Dette var altså på et tidspunkt bare få måneder før bomringen i Trondheim skulle etableres. Bomringen i Oslo hadde vært i drift i vel to år, og bomringen i Bergen i vel fem år. I tabell 29 ser vi at det i Bergen faktisk var en liten overvekt som syntes at bomringen var berettiget, mens det var liten støtte blant de spurte i Oslo og Trondheim.

Tabell 29: Forskjeller i holdning til bompenger mellom bomringbyene i Norge.

Utsagn 1: *Det er ikke behov for disse bomringene fordi Staten allerede får inn nok penger til vegbygging gjennom skatter og avgifter fra vegbrukerne*

	<b><u>Enig</u></b>	<b><u>Uenig</u></b>	<b><u>Netto støtte</u></b>
Bergen	44%	45%	-1%
Oslo	59%	33%	+26%
Trondheim	61%	32%	+29%

Utsagn 2: *Bompengeavgiftene i morgenrushet bør være høyere enn avgiftene resten av dagen*

	<b><u>Enig</u></b>	<b><u>Uenig</u></b>	<b><u>Netto støtte</u></b>
Bergen	30%	59%	-29%
Oslo	36%	55%	-19%
Trondheim	42%	42%	0%

Kilde: Egne analyser av dataene fra PAMELA-prosjektet.

Det var altså minst misnøye med den bomringen som hadde vært lengst i drift. Dette har nok noe å gjøre med at resultatene av infrastrukturinvesteringene begynte å bli merkbare i form av bedret tilgjengelighet, og at folks motstand mot nye ting har en tendens til å avta over tid.

Folks reaksjoner på det andre utsagnet i tabellen, kan ved første øyekast virke overraskende for Trondheims vedkommende, særlig fordi dette var den byen hvor de spurte på et annet spørsmål i undersøkelsen tilkjennega minst bekymringer når det gjaldt kjøproblemer. Dette er nok en effekt av at de spurte i Trondheim var velkjente med hva dette innebar, gjennom den intense markedsføringen som foregikk på den tiden.

Det kom tidlig for en dag at befolkningen ser ut til å være vesentlig mer skeptiske til denne type tiltak før implementering enn etter. Larsen (1988)<sup>4</sup> viser til at 54% av de spurte var negative og bare 13% uforbeholdent positive umiddelbart før bomringetableringen i Bergen. Bare et år etterpå var imidlertid 50% for og 37% mot. I Oslo ser det ikke ut til å ha vært noen tilsvarende overvekt i befolkningen med positiv holdning til bomringen.

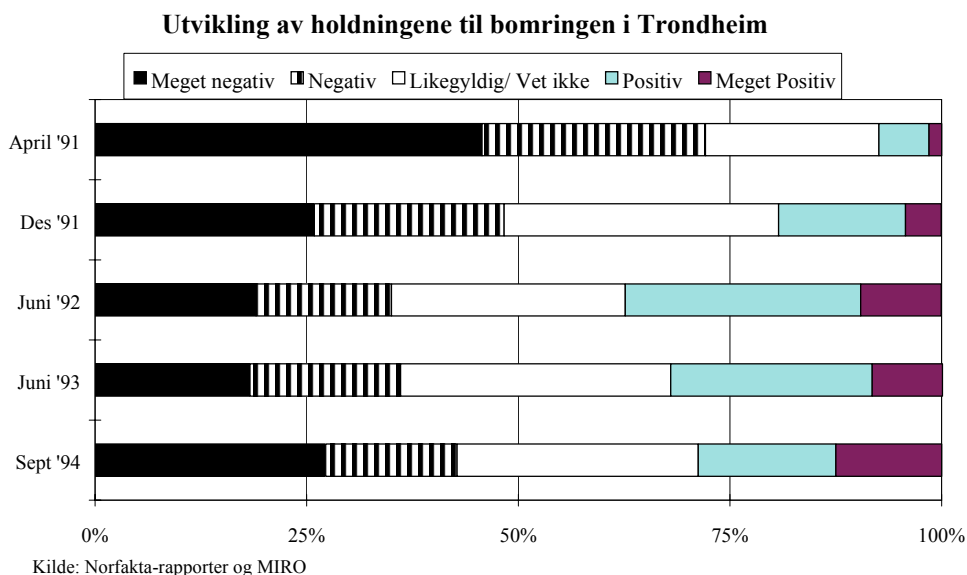
<sup>3</sup> *Public Attitudes to Road-Use Pricing: A Report of a Norwegian Case-Study*. Deliverable ME15 PAMELA. University of Newcastle upon Tyne.

<sup>4</sup> *The Toll Ring in Bergen, Norway - The First Year of Operation*. *Traffic Engineering and Control* 29.

Figur 30 viser hvordan holdningene til bomringen i Trondheim har utviklet seg over tid. Ved den siste målingen i september 1994 var 43% negative og 29% positive. Gruppen som er negative har økt, og gruppen positive minket i forhold til målingene i 1992 og 1993. Mens et overveldende flertall var negative et halvår før etableringen, var skepsisen markert mindre bare to måneder etter etableringen. Sommeren 1992 var det en netto overvekt på 2% som uttrykte positiv holdning.

Målingene fra 1994 inngikk i MIRO-prosjektet (Tretvik, 1994)<sup>5</sup>. Der ble det fokusert på en rekke problemstillinger knyttet til folks informasjonsnivå og holdninger til trafikkproblemer og løsninger. Det kom bl a frem at av bilførerne, så opplevde rundt halvparten at bomringen i Trondheim ikke var en rettferdig ordning, og en drøy firedel at den var rettferdig. Langt flere av de som bodde utenfor oppfattet ringen som urettferdig enn de som bodde innenfor.

Figur 30: Holdninger til bomringen i Trondheim



Folk ble også spurt om sin holdning til vegprising, etter først å ha fått følgende forklaring:

*Vegprising er et nytt begrep i forbindelse med regulering av biltrafikk. Rent konkret er vegprising tenkt å fungere slik at bilistene betaler etter HVOR og NÅR de kjører. Et eksempel på dette er høyere takster i tettbebygde strøk, i bysentrum og i typiske rush-tider for å redusere kø- og forurensningsproblemer.*

<sup>5</sup> Holdninger til trafikkproblemer og løsninger i Trondheim høsten 1994. SINTEF Rapport STF63 A94014.

Nesten en tredel var meget negative til idéen, og totalandelen på den negative siden (45%) var bare litt større enn andelen som var på den negative siden i spørsmålet om holdning til bomringen (43%). Det som var litt oppsiktsvekkende var at 36% uttrykte positiv holdning, mot bare 29% for dagens bomring. Flere hadde altså tatt stilling til dette nye konseptet, og tilveksten var for vegprising.

Menn var vesentlig mer negative enn kvinner, og det var økende grad av negativ holdning med økende alder og økende bilhold. Bosatte innenfor bomringen var mer positive enn bosatte utenfor. Beboere i sentrale strøk har kanskje følt at vegprising, slik tiltaket ble beskrevet, ville endre trafikkforholdene i deres nærområder på en gunstig måte. Vegprisingsidéen oppnådde mest støtte i gruppen som ikke var bilførere, 52% positive mot 31% negative, og i gruppen med lengst utdanningstid, 51% positive mot 35% negative.

## Litteratur

Elvik, R. 1994:

«*The External Costs of Traffic Injury: Definitions, Estimation, and Possibilities for Internalization.*» i *Accident Analysis and Prevention*. Vol 26, 719-732. New York.

Eriksen, K.S. og Hovi, I. B.1995:

*Transportmidlenes marginale kostnadsansvar*. TØI notat 1019/1995. Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Grue B, J L Langeland og O I Larsen: «*Boligpriser - Effekter av veitrafikkbelastning og lokalisering*» TØI-rapport 351/1997

Larsen, O. I. 1992:

"*Investment criteria with road pricing and the revenue/cost issue*" i: Talvitie, Hensher, Beesley (eds) "Privatization and Deregulation in Passenger Transportation". Auranen Ltd, Forssa - Finland.

Larsen, O. I. 1993:

«*Samfunnsnytte av tilskudd til kollektivtrafikk*» . TØI-rapport 208/1993. Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Larsen, O. I. og Rekdal J. 1996:

«*Køprising i et miljøperspektiv*». TØI-rapport 324/1996. Transportøkonomisk institutt, Oslo.



# Vedlegg 1:

## Noen modelltekniske aspekter

### 1. Nøyaktighet/feilmarginer

Det er ulike kilder til feil og unøyaktigheter i de beregninger som er presentert i dette dokument.

#### Feil i koding av vegnettet.

- Vegnettet som skal representere vegnettet i Oslo/Akershus består av 8000 veglenker. En veglenke er definert som den veg som forbinder 2 vegkryss i en retning. I alt består nettet av kodede vegkryss (noder). I forbindelse med koding av et så omfattende nett vil det nesten alltid oppstå noen feil og unøyaktigheter som er meget vanskelige å oppdage.
- Til hver lenke tilordnes en funksjon som angir en sammenheng mellom vegens kapasitet, trafikkvolum og kjøretiden/hastigheten på lenken. Disse funksjonene vil aldri kunne gi et helt korrekt bilde av kjøreforholdene.
- Trafikken som fordeles i vegnettet går til/fra ca 440 soner. Dvs vi har har vel 190000 reiserelasjoner med mer eller mindre trafikk. De ulike bilturmatriser som benyttes vil aldri eksakt kunne motsvare de bilturer som faktisk foretas.

De tre punktene ovenfor dreier seg om inngangsdata til modellen som i større eller mindre grad kan forbedres hvis man bruker tilstrekkelig mye ressurser på en slik oppgave. Når det gjelder trafikkavvikling og trafikkvolum vil det imidlertid alltid være «tilfeldige» variasjoner og det som ivaretas i en modell kan i beste fall bli noe man kan betegne som en «normalsituasjon».

Det prinsipp som benyttes for å fordele trafikk i vegnettet tar også utgangspunkt i enkle og stiliserte forutsetninger som bl a betyr at trafikantene forutsettes å ha full informasjon om kjørtid og kjørelengde for alternative kjøreruter og velger den/de kjøreruter som gir lavest generalisert kostnad forutsatt en gitt tidsavhengig og en gitt distanseavhengig kostnadskomponent.

Vegvalgsmoellen i EMMA benytter en bestemt beregningsprosedyre eller algoritme for å beregne en likevektsløsning. Modellen itererer seg frem til

løsningen og i praksis må man benytte et konvergenzkriterium som gjør at løsningen som modellen gir ikke eksakt treffer den teoretisk riktige løsning. I en del tilfeller medfører dette større eller mindre feil. Stort sett vil det være slik at denne type feil jevnes ut i aggregerte resultater, men de kan være relativt store for enkelte veglenker eller sonerelasjoner.

I beregningene har vi benyttet et forholdsvis strengt konvergenzkriterium for å få et minimum av usikkerhet i resultatene. Dette innebærer at beregningene blir mer tidkrevende.

## 2. Forsinkelsesfunksjoner

Når det gjelder forsinkelsesfunksjoner av den type som benyttes i EMMA er det det to hensyn å ta:

1. Funksjonene bør gi et tilfredstillende bilde av det som faktisk skjer med kjøretider i et vegsystem når trafikkvolumet endres.
2. Funksjonene bør ha tilfredstillende «numeriske» egenskaper. Dvs de bør ikke ha en form som skaper konvergensproblemer eller kan gi flertydige løsninger.

Siden funksjonene også skal benyttes i forbindelse med simulering av optimale vegvalg bør de også ha kontinuerlige førstederiverte.

1. og 2. lar seg strengt tatt ikke forene. På en veglenke vil følgende sammenheng gjelde pr definisjon:

$$(\text{kjt / km}) * (\text{km/time}) = \text{kjt/time}$$

Når det gjelder kjt/km vil det være en fysisk grense for hvor mange kjt det er plass til pr km. Skal bilene i tillegg bevege seg og holde en viss avstand blir den praktiske maksimale tetthet enda mindre. De funksjoner vi opererer med innebærer en sammenheng mellom hastighet (km/time) og trafikkvolum (kjt/time) som innebærer at tettheten (kjt/km) i realiteten vil kunne bli større enn det som er fysisk mulig i praksis.

Det er også en kapasitetsgrense for enhver veglenke i form av kjt pr time som kan passere på lenken. Denne kapasitetse kan riktignok ikke bestemmes helt eksakt, men både trafikkteilinger og teori kan antyde et intervall hvor kapasitetsgrensen må ligge. Strengt tatt burde en modell ikke gi trafikkvolum som overskrider denne kapasitetsgrensen for de enkelte veglenker. For å forhindre at kapasitetsgrensen overskrides må man imidlertid ha funksjoner som blir nesten loddrette ved kapasitetsgrensen. Denne løsning skaper i praksis såvidt store numeriske problemer at man også her gjør et kompromiss som innebærer at noen veger i modellens løsning kan få noe mer trafikk enn det som i praksis er mulig.

De funksjoner vi har benyttet i de beregninger som er presentert i dette dokumentet kan skrives:

$$AC(x; \alpha, \beta) = t_0 \cdot (1 - \alpha \cdot x + \alpha \cdot x \cdot e^{\beta \cdot \sqrt{x}}) + km$$

**AC = gjennomsnittskostnad pr kjt**

**x = (trafikkvolum i kjt/time)/kapasitet**

**t<sub>0</sub> = kjøretid ved ubelastet lenke («ingen» trafikk, dvs x=0)**

**α,β= parametre tilpasset lenketype**

**km = lenkelengde i km**

Den tilsvarende marginalkostnadsfunksjon kan skrives:

$$MC(x; \alpha, \beta) = 2 \cdot AC(x; \alpha, \beta) + \alpha \cdot \beta \cdot x^{3/2} \cdot e^{\beta \cdot \sqrt{x}} - t_0 - km$$

### 3. Endringer i eksterne marginale køstkostnader når vegnettet forbedres.

Til de beregningene som hittil er utført, er biltrafikken lagt ut på et vegnett som ennå ikke var oppdatert med de nyeste vegprosjektene, hvor Ekeberg tunnelen er det viktigste.

Vi har siden fått et nytt vegnett hvor vegprosjektene med oppstart innen 1997 er kodet inn sammen med de siste prosjekter som er gjennomført. På dette nettet har vi gjentatt noen av kjøringene for å få et inntrykk av hvordan det forbedrede vegnettet påvirker marginalkostnadene.

Til sammenligningen har vi valgt den mest købelastede perioden i døgnet, makstimen om ettermiddagen. Med nøyaktig samme reiseetterspørsel på nytt og gammelt nett, ser vi en nedgang på i overkant av 200 tusen kroner i totale tids- og kjørekostnader for biltrafikken i ettermiddagsrushet. Den gjennomsnittlige marginale køstkostnaden for denne trafikken går ned fra 24 til 21 kroner.

Allikevel vil det på noen relasjoner av sonegrupper oppstå økte totalkostnader. Særlig ser dette ut til å gjelde mellom ytre strøk i nord og indre by. Årsaken kan være at kjøredistansene øker ved nye vegvalg, men slike effekter kan også skyldes at endringer i vegvalg for trafikken på noen reiserelasjoner kan gi økte kostnader for enkelte andre reiserelasjoner pga mer forsinkelse.

En skulle også vente at de gjennomsnittlige marginale køstkostnadene for alle sonegrupperelasjonene ville få nedgang på et forbedret vegnett. Det vil ikke alltid være tilfelle, fordi endrede vegvalg kan øke forsinkelsene på vegstrekninger med store trafikkvolumer.

Vi får også endringer i marginale kostnader som følge av trafikkøkninger på relasjoner som ligger utenfor områder som berøres av vegprosjektene. F.eks. vil økt antall bilreiser internt i en sonegruppe påvirke vegvalget for reiser ut av området, og disse påvirker igjen den øvrige trafikken på nettet.

For å se på endringer i disse kostnadene, har vi på nytt gjort beregningene for relasjonene fra sonegruppene i Akershus kjørt på det nye vegnettet. De tre neste tabellene viser resultatene sammenlignet med de vi beregnet på det første vegnettet.

*Gjennomsnittlige marginale køkostnader for bilturer fra Asker og Bærum til de andre sonegruppene før og etter utbedringer i vegnettet. Ettermiddag makstime (Kr pr biltur).*

Fra Asker, Bærum		Til sonegruppe								
	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Vegnett før utbedringer	1	13	171	83	17	23	51	20	55	142
Nytt vegnett	1	6	160	82	27	17	48	15	41	121
Endring i marg.kostnad	1	-7	-11	-1	10	-6	-3	-5	-14	-21

*Gjennomsnittlige marginale køkostnader for bilturer fra Follo, Nesodden og Enebakk til de andre sonegruppene før og etter utbedringer i vegnettet. Ettermiddag makstime (Kr pr biltur).*

Fra Follo, Nesodden, Enebakk		Til sonegruppe								
	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Vegnett før utbedringer	2	71	4	67	16	27	19	56	30	11
Nytt vegnett	2	77	4	71	15	23	17	50	26	5
Endring i marg.kostnad	2	6	0	4	-1	-4	-2	-6	-4	-6

*Gjennomsnittlige marginale køkostnader for bilturer fra Romerike til de andre sonegruppene før og etter utbedringer i vegnettet. Ettermiddag makstime (Kr pr biltur).*

Fra Romerike		Til sonegruppe								
	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Vegnett før utbedringer	3	67	108	11	7	22	33	54	5	101
Nytt vegnett	3	62	112	9	20	19	23	47	10	88
Endring i marg.kostnad	3	-5	4	-2	13	-3	-10	-7	5	-13

Selv om gjennomsnittlig marginalkostnad for alle turer reduseres viser tabellene ovenfor at effektene ikke er entydig positiv når vi går ned på enkeltrelasjoner. Ved vurderingen av endringer må man imidlertid være oppmerksom på at vi tar differensen mellom 2 tall som hver for seg er usikre og kan variere avhengig av når modellens konvergenskriterium oppfylles. Usikkerhet knyttet til differensene er derfor relativt stor.

#### 4. Flaskehalsproblematikken

I et byområde vil kapasitetsproblemene nesten alltid skyldes flaskehals. Dette kan være i forbindelse med vegkryss, veginnsnevninger mm. Flaskehals kan også oppstå mer eller mindre tilfeldig for kortere perioder. For flaskehals kan man også beregne forsinkelser, marginale køknostnader mm. Det viser seg ved litt regning på «flaskehalsmodeller» at man kommer til konklusjoner som er svært like deman får med forsinkelsesfunksjoner. De forsinkelser og marginalknostnader man modeller for en litt lenger biltur i en modell som EMMA, vil ofte tilsvare det man får ved å regne med at en tur passerer 2-3 effektive flaskehals.

En enkel «flaskehalsmodell» er bl a vist i Larsen (1984). Sett at vi har en vegstrekning som ender i en flaskehals med kapasitet  $V^*$  biler/time. Inicialt er trafikkvolumet lavere enn  $V^*$ , men på tidspunkt 0 øker trafikkvolumet til  $V^H > V^*$ . Trafikken som ankommer flaskehalsen holder seg på dette nivå til tidspunkt  $t$  for deretter å synke til  $V^L < V^*$ .

Denne situasjon innebærer at køen begynner å bygge seg opp på tidspunkt 0. Den øker frem til tidspunkt  $t$  da den begynner å avta og på et tidspunkt  $t^*$  vil køen igjen være avvirket.

$t^*$  kan man finne av ligningen:

$$V^H \cdot t + V^L \cdot (t^* - t) = V^* \cdot t^*$$

Dette gir :

$$t^* = \frac{t \cdot (V^H - V^L)}{(V^* - V^L)}$$

Hvis vi for eks har  $t = 0.5$ , dvs trafikktoppen varer i en halv time,  $V^H = 1800$  biler/time,  $V^L = 1000$  biler/time og  $V^* = 1200$  biler time, så finner vi  $t^* = 2$  timer. En trafikktopp innenfor et halvtimesintervall medfører altså en kø som det tar 2 timer å avvikle. Køen skapes av 300 biler som overskrider kapasiteten i dette halvtimesintervall, men 2400 biler vil totalt bli forsinket i køen før den er avvirket.

Maksimal ventetid i køen er ventetiden for den bil som er bakerst i køen når køen er på det lengste:

$$t^{\max} = \frac{t \cdot (V^H - V^*)}{V^*}$$

For eksemplet ovenfor gir dette  $t^{\max} = 0,25$  eller 15 minutter.

$t^{\max}$  vil overvurdere den faktiske ventetid fordi bilene allikevel ville hatt noe kjøretid på den strekning som tilbringes i kø. Gjennomsnittlig ventetid eller forsinkelse er  $t^{\max}/2$  i dette enkle tilfellet.

Total ventetid vil i denne enkle «kø-modell» være gitt ved:

$$TVT = \frac{1}{2} \cdot t^{\max} \cdot (t^* \cdot V^*) = \frac{t^2 \cdot (V^H - V^L) \cdot (V^H - V^*)}{2 \cdot (V^* - V^L)}$$

Utregnet for eksemplet ovenfor gir dette 300 timer, dvs 1 time pr bil for de biler som egentlig skaper køen.

Av uttrykket for total ventetid kan vi finne marginal ventetid for biler som ankommer før  $t$  og mellom  $t$  og  $t^*$ .

$$\frac{1}{t} \cdot \frac{\partial TVT}{\partial V^H} = T^1 + T^2 + \frac{1}{2} \cdot t^{\max}$$

$$\frac{1}{(t^* - t)} \cdot \frac{\partial TVT}{\partial V^L} = T^2 + \frac{1}{2} \cdot t^{\max}$$

der :

$$T^1 = \frac{t \cdot (V^H - V^L)}{2 \cdot (V^* - V^L)} \quad \text{og}$$

$$T^2 = \frac{t \cdot V^L \cdot (V^H - V^*)}{2 \cdot V^* \cdot (V^* - V^L)}$$

De eksterne marginalkostnader er knyttet til  $T^1$  og  $T^2$ , mens bilistene selv «dekker» gjennomsnittlig forsinkelse. Med samme numeriske eksempel som ovenfor finner vi:

$$T^1 = 1 \text{ time og } T^2 = 0,625 \text{ timer}$$

Dvs en ekstra bil som ankommer flaskehalsen i intervallet  $\langle 0, t \rangle$  vil i gjennomsnitt forsinke de øvrige biler med 1,625 timer, mens en ekstra bil i tidsintervallet  $\langle t, t^* \rangle$  forsinke de øvrige biler med 0,625 timer i gjennomsnitt. Den egne forsinkelse er for begge grupper 0,125 timer. Hvis vi antar at hver bil i en slik køsituasjon legger beslag på 10 m veg, dvs at vi har 100 biler pr km og at det gjennom flaskehalsen går 1200 biler pr time, så vil dette innebære at køen beveger seg i en hastighet av 12 km/t.

Vi kan merke oss at i løpet av en time så ankommer 1400 biler til flaskehalsen, mens disse er ujevnt fordelt med 900 i første halvtimen og 500

i andre halvtimen. Hvordan vil situasjonen være med en jevn fordeling over én time? Dette innebærer at  $t = 1$  og  $V^H = 1400$ .

Innsatt i formlene ovenfor finner vi da at  $TVT = 200$  timer,  $t^{\max} = 0,167$ ,  $T^1 = 1$  og  $T^2 = 0,417$ . Dette illustrerer at når man har typiske flaskehalssituasjoner så har tidsprofilen på den trafikk som ankommer flaskehalsen relativt stor betydning.

Vi ser også av eksemplet ovenfor at en bil som passerer 1-2 effektive flaskehalser på en tur vil få eksterne marginalknostnader på linje med det vi får i EMMA hvor forsikelsene oppstår på lenker.

## Vedlegg 2:

### Antall bilturer (1000) mellom områder i Oslo/Akershus (ikke medregnet soneinterne turer).

Tabell 2: Morgentime før makstime.

Fra		Til:										
Sonegruppe:	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	Sum
Asker, Bærum	1	4.3	0.1	0.2	1.5	0.7	0.4	0.3	0.1	0.0	0.2	7.8
Follo, Nesodden, Enebakk	2	0.2	2.5	0.3	1.1	0.3	0.8	0.0	0.2	0.2	0.2	5.7
Romerike	3	0.4	0.3	7.1	1.8	0.7	2.1	0.1	1.0	0.1	0.4	13.9
Oslo indre by	4	0.5	0.1	0.3	1.9	0.8	0.8	0.2	0.2	0.2	0.1	5.1
Oslo vest, i.f. bomringen	5	0.6	0.1	0.2	1.5	1.6	0.8	0.2	0.2	0.1	0.1	5.3
Oslo øst i.f. bomringen	6	0.3	0.2	0.3	1.5	0.7	2.1	0.1	0.4	0.3	0.2	5.9
Oslo ytre vest	7	0.3	0.0	0.1	0.7	0.4	0.2	0.3	0.1	0.0	0.1	2.1
Øvre Groruddalen	8	0.2	0.1	0.5	1.1	0.6	1.3	0.0	0.8	0.1	0.1	4.8
Oslo ytre sør	9	0.2	0.2	0.2	1.1	0.4	0.8	0.1	0.2	0.6	0.1	3.9
Eksternt	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	-	-	0.0
Sum		7.0	3.7	9.2	12.3	6.0	9.2	1.2	3.1	1.6	1.5	54.6

Tabell 4: Morgen makstime (0700-0800).

Fra		Til:										
Sonegruppe:	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	Sum
Asker, Bærum	1	8.0	0.1	0.2	2.4	1.2	0.4	0.4	0.1	0.1	1.3	14.2
Follo, Nesodden, Enebakk	2	0.4	3.9	0.3	1.2	0.3	0.6	0.0	0.2	0.2	0.4	7.4
Romerike	3	0.6	0.3	9.3	1.8	0.9	2.8	0.2	1.3	0.1	0.6	18.0
Oslo indre by	4	1.3	0.2	0.5	3.2	1.6	1.3	0.4	0.5	0.4	0.3	9.7
Oslo vest i.f. bomringen	5	0.8	0.1	0.3	2.0	3.0	1.0	0.4	0.4	0.1	0.1	8.1
Oslo øst i.f. bomringen	6	0.6	0.3	0.5	2.0	1.0	3.1	0.2	0.9	0.6	0.2	9.4
Oslo ytre vest	7	0.5	0.0	0.1	1.1	0.7	0.2	0.5	0.2	0.0	0.0	3.3
Øvre Groruddalen	8	0.4	0.1	0.5	1.2	0.7	2.0	0.1	0.9	0.1	0.1	6.0
Oslo ytre sør	9	0.4	0.2	0.2	1.5	0.4	0.8	0.1	0.3	0.6	0.1	4.6
Eksternt	0	2.1	0.5	1.0	0.9	0.3	0.4	0.1	0.1	0.1	-	5.7
Sum		15.2	5.8	12.9	17.4	10.1	12.5	2.4	4.8	2.2	3.1	86.3

Tabell 6: Morgentime etter makstime.

Fra		Til:										
Sonegruppe:	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	Sum
Asker, Bærum	1	7.6	0.2	0.3	2.6	1.2	0.7	0.5	0.1	0.1	0.4	13.8
Follo, Nesodden, Enebakk	2	0.2	2.5	0.3	1.1	0.3	0.8	0.0	0.2	0.2	0.2	5.6
Romerike	3	0.3	0.2	6.0	1.5	0.6	1.8	0.1	0.8	0.1	0.3	11.6
Oslo indre by	4	0.6	0.2	0.3	2.2	0.9	0.9	0.2	0.2	0.2	0.1	5.7
Oslo vest i.f. bomringen	5	0.8	0.1	0.3	2.0	2.0	0.9	0.3	0.3	0.1	0.2	7.0
Oslo øst i.f. bomringen	6	0.3	0.2	0.3	1.7	0.7	2.4	0.1	0.5	0.3	0.2	6.6
Oslo ytre vest	7	0.6	0.0	0.1	1.3	0.7	0.3	0.5	0.1	0.0	0.1	3.7
Øvre Groruddalen	8	0.2	0.1	0.4	0.9	0.5	1.0	0.0	0.7	0.1	0.1	4.0
Oslo ytre sør	9	0.2	0.2	0.2	1.1	0.4	0.8	0.1	0.2	0.6	0.1	3.8
Eksternt	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	-	-	0.0
Sum		10.8	3.7	8.3	14.3	7.3	9.5	1.7	3.0	1.6	1.7	61.9



Tabell 8.: Time midt på virkedager.

Fra		Til:										
Sonegruppe:	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	Sum
Asker, Bærum	1	9.0	0.2	0.3	1.5	0.8	0.3	0.4	0.1	0.2	0.4	13.3
Follo, Nesodden, Enebakk	2	0.2	3.8	0.2	0.5	0.1	0.3	0.0	0.1	0.3	0.2	5.5
Romerike	3	0.2	0.3	8.3	0.8	0.3	0.6	0.1	0.6	0.1	0.4	11.6
Oslo indre by	4	1.5	0.7	0.7	4.9	2.0	1.6	0.6	0.6	0.8	0.3	13.6
Oslo vest i.f. bomringen	5	0.8	0.2	0.4	2.2	2.8	0.8	0.6	0.4	0.3	0.2	8.7
Oslo øst i.f. bomringen	6	0.4	0.4	0.6	1.8	0.8	3.0	0.1	0.7	0.5	0.2	8.5
Oslo ytre vest	7	0.5	0.0	0.1	0.6	0.7	0.1	1.1	0.0	0.1	0.1	3.3
Øvre Groruddalen	8	0.2	0.1	0.6	0.7	0.3	0.8	0.0	1.0	0.1	0.1	4.0
Oslo ytre sør	9	0.1	0.3	0.1	0.9	0.3	0.6	0.0	0.2	1.5	0.1	4.0
Eksternt	0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
Sum		13.0	6.0	11.3	14.0	8.3	8.2	3.1	3.6	3.8	2.0	73.3

Tabell 10.: Ettermiddagstime før makstime.

Fra		Til:										
Sonegruppe:	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	Sum
Asker, Bærum	1	15.7	0.3	0.3	1.2	1.2	0.5	0.7	0.3	0.3	0.3	20.7
Follo, Nesodden, Enebakk	2	0.1	6.2	0.2	0.5	0.1	0.4	0.0	0.1	0.4	0.1	8.3
Romerike	3	0.4	0.4	15.3	0.7	0.4	0.7	0.1	1.1	0.4	0.3	19.6
Oslo indre by	4	3.3	1.6	2.1	4.7	3.3	2.6	1.5	1.1	1.9	0.2	22.3
Oslo vest i.f. bomringen	5	1.7	0.4	0.7	2.5	4.2	1.0	1.1	0.6	0.6	0.1	12.8
Oslo øst i.f. bomringen	6	0.6	1.2	2.4	1.8	1.3	5.0	0.3	1.5	1.8	0.2	16.1
Oslo ytre vest	7	0.7	0.0	0.1	0.6	0.7	0.1	1.5	0.1	0.1	0.0	3.9
Øvre Groruddalen	8	0.2	0.4	1.6	0.5	0.4	0.9	0.1	1.9	0.3	0.1	6.3
Oslo ytre sør	9	0.1	0.5	0.2	0.5	0.2	0.7	0.1	0.2	1.9	0.0	4.3
Eksternt	0	0.7	0.3	0.5	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	2.7
Sum		23.4	11.3	23.3	13.1	12.0	12.2	5.5	7.0	7.7	1.4	116.9

Tabell 12: Ettermiddag makstime.

Fra		Til:										
Sonegruppe:	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	Sum
Asker, Bærum	1	15.9	0.3	0.3	1.3	1.2	0.5	0.7	0.3	0.3	0.3	21.0
Follo, Nesodden, Enebakk	2	0.1	6.4	0.2	0.5	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4	0.1	8.6
Romerike	3	0.4	0.4	16.8	0.7	0.5	0.8	0.1	1.2	0.4	0.3	21.7
Oslo indre by	4	3.5	1.7	2.2	4.9	3.4	2.8	1.5	1.1	2.0	0.2	23.4
Oslo vest i.f. bomringen	5	1.8	0.4	0.7	2.6	4.3	1.0	1.2	0.7	0.6	0.1	13.3
Oslo øst i.f. bomringen	6	0.7	1.3	2.5	1.9	1.3	5.2	0.3	1.6	1.9	0.2	16.9
Oslo ytre vest	7	0.7	0.0	0.1	0.6	0.7	0.1	1.5	0.1	0.1	0.0	4.0
Øvre Groruddalen	8	0.2	0.4	1.7	0.5	0.5	1.0	0.1	2.1	0.3	0.1	6.9
Oslo ytre sør	9	0.1	0.5	0.2	0.5	0.2	0.7	0.1	0.2	1.9	0.0	4.5
Eksternt	0	0.7	0.4	0.5	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	2.8
Sum		24.0	11.8	25.3	13.7	12.5	12.9	5.7	7.5	8.1	1.4	122.9

Tabell14: Ettermiddagstime etter makstime.

Fra		Til:										
Sonegruppe:	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	Sum
Asker,Bærum	1	14.9	0.3	0.3	1.2	1.1	0.4	0.6	0.3	0.3	0.3	19.7
Follo,Nesodden,Enebakk	2	0.1	6.0	0.2	0.4	0.1	0.4	0.0	0.1	0.4	0.1	7.9
Romerike	3	0.3	0.3	13.8	0.6	0.4	0.7	0.1	1.0	0.3	0.2	17.7
Oslo indre by	4	3.1	1.5	1.9	4.4	3.1	2.5	1.4	1.0	1.8	0.2	20.9
Oslo vest i.f. bomringen	5	1.6	0.4	0.6	2.3	3.9	0.9	1.1	0.6	0.5	0.1	12.1
Oslo øst i.f. bomringen	6	0.6	1.1	2.3	1.7	1.2	4.7	0.3	1.4	1.7	0.1	15.1
Oslo ytre vest	7	0.7	0.0	0.1	0.5	0.7	0.1	1.4	0.1	0.1	0.0	3.7
Øvre Groruddalen	8	0.1	0.3	1.4	0.4	0.4	0.8	0.1	1.7	0.3	0.1	5.7
Oslo ytre sør	9	0.1	0.5	0.2	0.5	0.2	0.6	0.1	0.2	1.8	0.0	4.1
Eksternt	0	0.6	0.3	0.4	0.2	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	2.5
Sum		22.2	10.7	21.3	12.3	11.3	11.4	5.2	6.4	7.3	1.3	109.5

Tabell16: Time med lavtrafikk.

Fra		Til:										
Sonegruppe:	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	Sum
Asker,Bærum	1	5.1	0.1	0.2	0.7	0.5	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	7.3
Follo,Nesodden,Enebakk	2	0.1	1.8	0.1	0.4	0.1	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	3.1
Romerike	3	0.1	0.1	4.2	0.4	0.2	0.5	0.0	0.4	0.1	0.1	6.1
Oslo indre by	4	0.8	0.4	0.5	1.0	0.9	0.7	0.4	0.4	0.5	0.1	5.6
Oslo vest i.f. bomringen	5	0.5	0.1	0.2	0.8	1.0	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	3.7
Oslo øst i.f. bomringen	6	0.2	0.2	0.5	0.7	0.4	1.1	0.1	0.5	0.3	0.1	4.0
Oslo ytre vest	7	0.2	0.0	0.0	0.3	0.3	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	1.3
Øvre Groruddalen	8	0.1	0.1	0.5	0.5	0.3	0.5	0.0	0.6	0.1	0.0	2.7
Oslo ytre sør	9	0.1	0.1	0.1	0.4	0.1	0.3	0.0	0.1	0.4	0.0	1.6
Eksternt	0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.9
Sum		7.4	3.0	6.5	5.3	3.9	4.1	1.5	2.5	1.7	0.5	36.4

1) En time med lavtrafikk kan betraktes som et gjennomsnitt av timetrafikken for kvelden på virkedager og lørdager og søndager.

## Antall bilturer mellom områder i Trondheim (ikke medregnet soneinterne turer).

### Morgen før makstime

Fra		Til									
Sonegruppe	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sum
Midtbyen	1	330	268	315	45	51	124	76	18	47	1274
Lade, Rosenborg, Strindheim	2	635	722	613	37	133	233	88	23	114	2598
Øya, Singsaker, Nardo, Berg-Tyholt	3	568	554	689	64	79	280	116	27	160	2537
Ila, Sverresborg, Byneset	4	352	126	304	174	18	118	271	38	20	1421
Charlottenlund, Ranheim, Malvik	5	207	264	182	9	754	371	21	24	36	1868
Risvollan, Nidarvoll, Jonsvatnet	6	317	290	422	35	135	485	120	41	104	1949
Sjetnemarka, Halset, Byåsen, Flatåsen, Saupstad, Tillerbyen, Heimdal	7	523	343	690	266	56	593	2083	230	61	4845
Klæbu, Melhus, Skaun	8	117	88	141	55	27	189	522	759	51	1949
Eksternt	9	54	175	237	27	39	173	79	53	0	837
<b>Sum</b>		3103	2830	3593	712	1292	2566	3376	1213	593	19278

### Morgen makstime

Fra		Til									
Sonegruppe	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sum
Midtbyen	1	662	535	630	90	99	253	148	37	91	2545
Lade, Rosenborg, Strindheim	2	1269	1437	1221	71	268	464	177	51	222	5180
Øya, Singsaker, Nardo, Berg-Tyholt	3	1130	1102	1374	125	159	555	242	50	323	5060
Ila, Sverresborg, Byneset	4	701	246	607	353	37	229	544	77	42	2836
Charlottenlund, Ranheim, Malvik	5	409	526	362	18	1509	732	49	47	74	3726
Risvollan, Nidarvoll, Jonsvatnet	6	634	578	843	71	271	966	239	86	207	3895
Sjetnemarka, Halset, Byåsen, Flatåsen, Saupstad, Tillerbyen, Heimdal	7	1042	685	1375	531	117	1185	4161	454	123	9673
Klæbu, Melhus, Skaun	8	238	178	282	107	49	381	1041	1513	99	3888
Eksternt	9	107	352	470	56	78	345	157	105	0	1670
<b>Sum</b>		6192	5639	7164	1422	2587	5110	6758	2420	1181	38473

### Morgen etter makstime

Fra		Til									
Sonegruppe	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sum
Midtbyen	1	512	416	486	67	76	195	114	30	69	1965
Lade, Rosenborg, Strindheim	2	980	1111	945	53	207	360	136	39	171	4002
Øya, Singsaker, Nardo, Berg-Tyholt	3	873	850	1061	96	123	429	184	39	249	3904
Ila, Sverresborg, Byneset	4	540	192	468	270	29	178	416	61	32	2186
Charlottenlund, Ranheim, Malvik	5	314	404	280	16	1168	565	35	38	57	2877
Risvollan, Nidarvoll, Jonsvatnet	6	489	447	651	54	209	746	183	69	160	3008
Sjetnemarka, Halset, Byåsen, Flatåsen, Saupstad, Tillerbyen, Heimdal	7	804	527	1062	414	89	909	3215	354	92	7466
Klæbu, Melhus, Skaun	8	185	138	219	83	35	298	800	1170	76	3004
Eksternt	9	81	269	362	41	61	268	123	84	0	1289
<b>Sum</b>		4778	4354	5534	1094	1997	3948	5206	1884	906	29701

Tabell 4: Antall bilturer mellom områder i Trondheim (ikke medregnet soneinterne turer). Ettermiddagstimer.

**Ettermiddag før makstime**

Fra		Til									
Sonegruppe	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sum
Midtbyen	1	1116	891	842	490	414	573	660	134	30	5150
Lade, Rosenborg, Strindheim	2	721	1409	1047	115	796	731	492	133	137	5581
Øya, Singsaker, Nardo, Berg-Tyholt	3	663	1065	1369	294	503	1077	1158	230	271	6630
Ila, Sverresborg, Byneset	4	260	61	110	421	18	70	582	70	35	1627
Charlottenlund, Ranheim, Malvik	5	82	171	82	9	1300	263	44	32	56	2039
Risvollan, Nidarvoll, Jonsvatnet	6	216	268	384	135	384	801	797	224	169	3378
Sjetnemarka, Halset, Byåsen, Flatåsen, Saupstad, Tillerbyen, Heimdal	7	218	148	280	413	53	297	4909	662	97	7077
Klæbu, Melhus, Skaun	8	29	25	41	52	16	67	388	1315	77	2010
Eksternt	9	57	181	151	35	36	148	97	74	0	779
<b>Sum</b>		<b>3362</b>	<b>4219</b>	<b>4306</b>	<b>1964</b>	<b>3520</b>	<b>4027</b>	<b>9127</b>	<b>2874</b>	<b>872</b>	<b>34271</b>

**Ettermiddag makstime**

Fra		Til									
Sonegruppe	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sum
Midtbyen	1	1725	1383	1301	759	640	887	1021	207	46	7969
Lade, Rosenborg, Strindheim	2	1117	2179	1621	183	1232	1132	759	203	212	8638
Øya, Singsaker, Nardo, Berg-Tyholt	3	1027	1652	2114	457	779	1668	1795	357	416	10265
Ila, Sverresborg, Byneset	4	399	89	173	650	30	111	903	109	56	2520
Charlottenlund, Ranheim, Malvik	5	129	263	128	14	2025	401	70	45	84	3159
Risvollan, Nidarvoll, Jonsvatnet	6	334	414	597	208	592	1239	1237	349	260	5230
Sjetnemarka, Halset, Byåsen, Flatåsen, Saupstad, Tillerbyen, Heimdal	7	329	234	436	640	72	460	7599	1025	153	10948
Klæbu, Melhus, Skaun	8	44	41	59	83	25	98	604	2003	115	3072
Eksternt	9	87	276	235	57	58	228	149	117	0	1207
<b>Sum</b>		<b>5191</b>	<b>6531</b>	<b>6664</b>	<b>3051</b>	<b>5453</b>	<b>6224</b>	<b>14137</b>	<b>4415</b>	<b>1342</b>	<b>53008</b>

**Ettermiddag etter makstime**

Fra		Til									
Sonegruppe	Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sum
Midtbyen	1	1525	1220	1149	672	564	791	900	182	42	7045
Lade, Rosenborg, Strindheim	2	987	1926	1436	161	1087	1001	670	178	190	7636
Øya, Singsaker, Nardo, Berg-Tyholt	3	907	1462	1867	406	686	1472	1588	316	368	9072
Ila, Sverresborg, Byneset	4	354	80	149	573	27	99	799	96	49	2226
Charlottenlund, Ranheim, Malvik	5	114	232	112	11	1789	359	61	41	74	2793
Risvollan, Nidarvoll, Jonsvatnet	6	294	365	527	187	522	1095	1094	309	230	4623
Sjetnemarka, Halset, Byåsen, Flatåsen, Saupstad, Tillerbyen, Heimdal	7	292	209	383	563	62	406	6717	909	135	9676
Klæbu, Melhus, Skaun	8	37	37	52	71	24	88	534	1806	105	2754
Eksternt	9	76	244	206	51	53	202	132	103	0	1067
<b>Sum</b>		<b>4586</b>	<b>5775</b>	<b>5881</b>	<b>2695</b>	<b>4814</b>	<b>5513</b>	<b>12495</b>	<b>3940</b>	<b>1193</b>	<b>46892</b>

## Vedlegg 3:

### **Tekniske beregningeffekter av størrelsen på tillegget i etterspørsel ved beregning av marginalknostnad**

Her er det vist hvordan marginalknostnadene kommer ut for en serie av mindre og større tillegg, først for mange ørsmå endringer i «Additional demand» for én sonerelasjon, og deretter for noen større sprang for flere sonerelasjoner samlet. Figurene viser at det er meningsløst å legge til svært få turer (under 100). Regnenøyaktigheten vil påvirke resultatene sterkt, fordi det vil være litt «slingring» fra iterasjon til iterasjon og derved vil det være litt vilkårlig når konvergenzkriteriet oppfylles. Resultatet blir en liten endring i knostnadene som multipliseres med et relativt stort tall og divideres med et lite tall.

I området 500 til 1000 ekstra turer er det fremdeles noen relasjoner som får en nedgang i marginalknostnaden når den ekstra etterspørselen øker marginalt. Det er ikke helt uventet at dette kan skje, for det kan vises med enkle eksempler at det kan forkomme i praksis (f eks hvis tiden på en «opprinnelig» rute blir så høy at en ny rute uten kapasitetsproblemer tas i bruk).

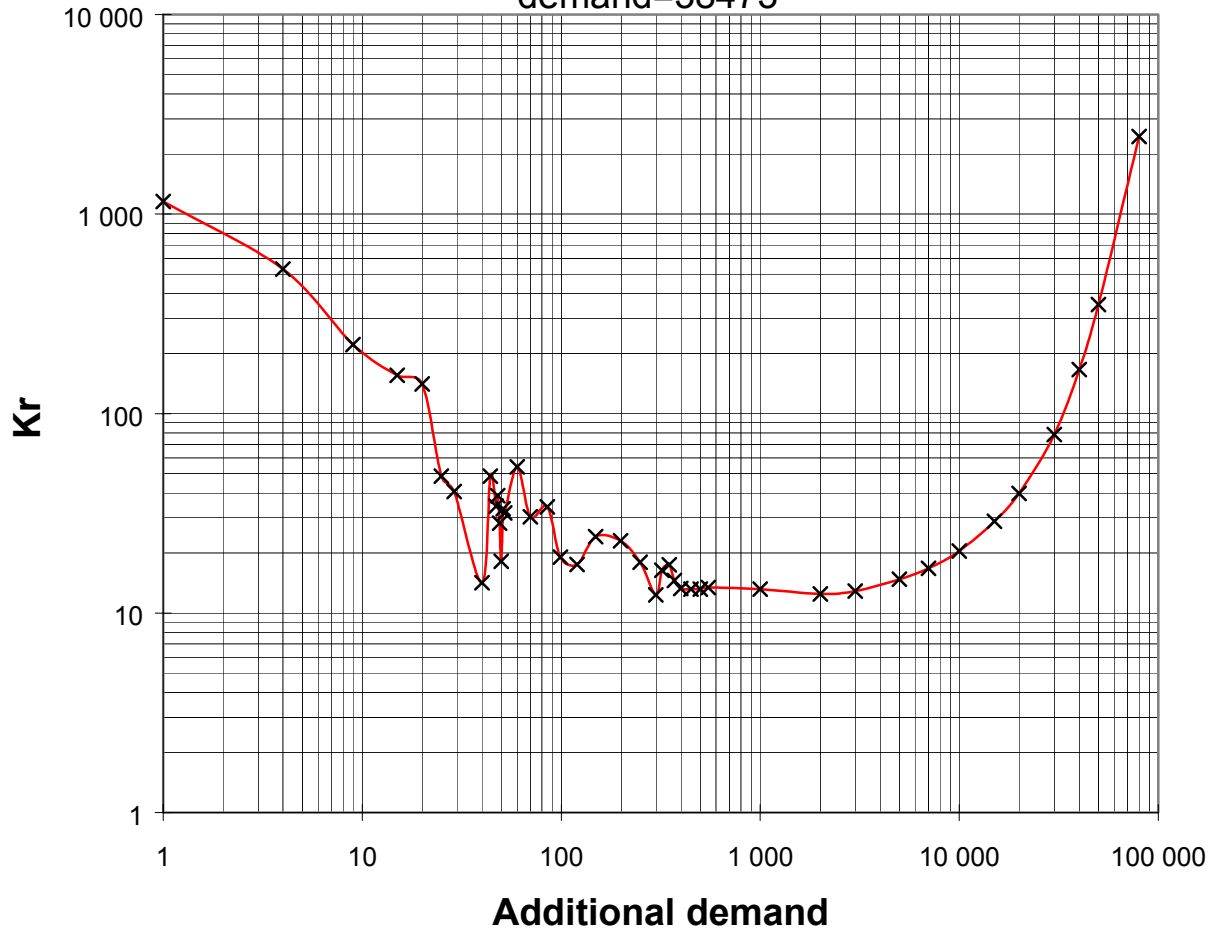
Når tilleggsetterspørselen går ut over 1000 turer ser det ut som man får en relativt jevn utvikling mot høyere marginalknostnader. Hvis påslaget blir svært stort blir marginalknostnadene også ekstremt høye, fordi enkelte relasjoner vil få mer trafikk enn det realistisk kan avvikles i løpet av en time.

## Marginal kostnad

Fra sone 3 til sone 3

0700-0800

demand=38473



## Vedlegg 4:

### Forutsetninger for trafikkberegningene

#### Ettersp rrel

Modellene for valg av reisemåte og reisetidspunkt er basert på teorien om diskrete valgsituasjoner, eller sannsynlighetsbasert adferdsteori. Denne teorien bygger i korte trekk på at individene kan knytte en nytte til hvert valgalternativ. Det antas at denne nytten består av en kjent systematisk del som kan observeres og en ukjent stokastisk del som ikke kan måles. Dette kan skrives:

$$U^t = V^t + e^t$$

hvor toppskriften  $t$  angir alternativ. Det antas videre at individene velger det alternativet som gir største nytte.

Den systematiske delen av nytten for bilalternativet kan f eks skrives

$$\begin{aligned} V_{\text{bil}}^t &= -k_{\text{bil}}^t - 0.03 (\text{reisetid})^t - 0.05 (\text{avstand})^t - 0.05 (\text{bompenger})^t - 0.05 (\text{park.kost})^t \\ &= -k_{\text{bil}}^t - Gc_{\text{bil}}^t \end{aligned}$$

Vi ser at nytten, eller mer korrekt, ulempen forbundet med valgalternativene i vårt tilfelle er en funksjon av de generaliserte kostnadene for alternativene pluss en alternativspesifikk konstant,  $k_{\text{bil}}^t$ , som fanger opp alle ikke-spesifiserte komponenter i den målbare nytten. Toppskriften  $t$  er kun benyttet i rushmodellene, hvor trafikkantene kan velge mellom tre timesintervaller for gjennomføring av sin bilreise. Rush-modellene er altså kombinerte modeller for valg av reisetidspunkt, reisemiddel og reiserute. I disse modellene vil den alternativspesifikke konstanten også inneholde en faktor for preferert avreise- eller ankomsttime for de reisene som gjennomføres.

Den systematiske delen av nytten for kollektivalternativet kan skrives

$$\begin{aligned} V_{\text{koll}} &= -k_{\text{koll}} - 0.03 (\text{kjøretid}) - 0.05 (\text{takst}) - 0.06 (\text{ventetid}) - 0.06 (\text{gangtid}) - 0.15 (\text{antall bytter}) \\ &= -k_{\text{koll}} - GC_{\text{koll}} \end{aligned}$$

Her er toppskriften for timesintervall utelatt fordi vi antar konstant kollektivtilbud i rushperiodene. Kollektivtilbudet er ikke kapasitetsbegrenset. Nytten forbundet med kollektivalternativet er også en funksjon av de generaliserte kostnadene.

Dersom det stokastiske restleddet,  $e^t$  oppfyller visse forutsetninger, kan vi formulere en logitmodell som uttrykker sannsynligheten for hvert av alternativene. Uttrykket under angir sannsynligheten for å reise bil i

russtid  $t$  (makstiden) som en funksjon av forskjellene i generaliserte kostnader for bil i periode  $t$  og de tre andre spesifiserte alternativene i russtid. En tilsvarende funksjon er spesifisert for hvert alternativ.

$$P_{bil}^t = \frac{1}{1 + e^{(k_{bil}^{t-1} + GC_{bil}^{t-1} - GC_{bil}^t)} + e^{(k_{bil}^{t+1} + GC_{bil}^{t+1} - GC_{bil}^t)} + e^{(k_{koll} + GC_{koll} - GC_a^t)}}$$

Vi har 3 klasser biltrafikk i hver tidsperiode, lette biler elastisk, lette biler uelastisk og tunge biler uelastisk. Kollektivtrafikken er bare inndelt i elastiske og uelastiske trafikantgrupper. Det er bare den elastiske trafikken som varierer mellom scenariene og hvor logitmodeller kommer til anvendelse. Denne trafikken, både bil og kollektiv, antas å ha en tidsverdi på 36 kr/t eller 0.6 kr/min. Tilsvarende verdi for den uelastiske lette biltrafikken er 72 kr/t, mens tungtrafikken antas å ha en tidsverdi på 108 kr/t.

### Gjennomsnittlige kjøretidsfunksjoner

Forsinkelsesfunksjonene, som er tilknyttet hver enkelt veilenke i veinettet, er på formen  $g(x) = t(x) + b \cdot L$ , hvor  $t(x)$  er tidsbruk på lenkene,  $b$  er en konstant som angir km-avhengige kostnader omgjort til tid og  $L$  er lenkelengden. I beregningene har vi forutsatt at km-avhengige kostnader for lette elastiske biler er 1 kr/km (drivstoff og drift). De lette bilistene har en tidsverdi på 0.6 kr/min. Konstanten  $b$  blir dermed  $b = 1 \text{ kr/km} / 0.6 \text{ kr/min} = 1.67 \text{ min/km}$ . Biltrafikken er inndelt i tre klasser med ulike tidsverdier. Ideelt sett burde konstanten  $b$  være tilknyttet km-kostnader og tidsverdier for hver enkelt klasse. Av beregningstekniske grunner må imidlertid forsinkelsesfunksjonene være identiske for alle klasser. Vi ser at alle kombinasjoner av km-kostnader og tidsverdier som innebærer at disse endres proporsjonalt, gir  $b = 1.67$ . Dersom vi f.eks. antar at tungtrafikken har en km-kostnad på 3 kr/km, vil vi få  $b = 1.67$ , siden tidsverdien for denne trafikken er 108 kr/t eller 1.8 kr/min. Den uelastiske lette biltrafikken vil ha samme km-kostnad som den elastiske trafikken. Konstanten  $b$  burde ideelt sett vært lik 0.83. Dette forhold, som innebærer at den lette uelastiske trafikken legger mer vekt på tid i sitt rutevalg enn tungtrafikken og den elastiske trafikken, får vi ikke tatt hensyn til i beregningene.

### Marginale kjøretidsfunksjoner

I scenariet med perfekt kjøprising er forsinkelsesfunksjonene utledet av total generalisert tidsbruk  $G(x) = g(x) \cdot x$ . Endringer i total tidsbruk ved en marginal endring i trafikken finnes ved  $G'(x) = g(x) + x \cdot g'(x) = t(x) + b \cdot L + x \cdot t'(x)$ . Leddet  $x \cdot t'(x)$  representerer prisen, målt i tid, som bilistene skal betale for ferdsel på lenken. Av beregningstekniske årsaker får vi ikke beregnet trafikkvolumet i hver trafikk-klasse på lenkene. Vi får altså beregnet  $x$ , men ikke  $x_i$ , hvor  $i=1,2,3$  representerer de tre trafikk-klasse med ulike tidsverdier. For å ta hensyn til at de tre klassene vektlegger prisen ulikt når reiseruten velges har vi korrigert avgiftsledet i  $G'(x)$  med en faktor på 1.38. Avgiften er da «normalisert» til tidsverdier for den elastiske trafikken etter formelen  $(a_1 \cdot tv_1 + a_2 \cdot tv_2 + a_3 \cdot tv_3) / tv_1$ , hvor  $i=1,2,3$



representerer de tre trafikk-klassene med ulik tidsverdi,  $a_i$  er andelen trafikk i de tre klassene og  $tv_i$  er tidsverdien.

### Samfunnsøkonomiske kalkyler

Ved hjelp av en trafikkberegningmodell kan man beregne reisetider, og eventuelt generaliserte reisetider, mellom alle soner for biltrafikk og kollektivtrafikk i ulike perioder. Rutevalget som gir beregnede reisetider for biltrafikk er for et gitt sonepar karakterisert ved at ingen bilister kan tjene noe på å endre det rutevalget som er valgt. Det er da tatt hensyn til den trengselen som skapes av den trafikken som går mellom alle de andre soneparene. Det kan være flere reiseruter i bruk mellom hver start og m lsone, men reisetidene eller kostnadene på disse vil være identiske.

Når vi kjører logitmodellene på de ulike scenariene vil trafikken, og dermed reisetidene endres. Endringer i reisetider og trafikk fanges opp i OD-matriser for hvert scenario og hvert alternativ eller periode. I scenario B og C er bomavgiftene også spesifisert i matriser. I disse scenariene kan derfor kalkylene gjennomføres på matriseniv . Vi beregner avgiftsinntekter og tap av konsumentoverskudd som illustrert i diagram 4.2.1.

I scenariet med køprising vil imidlertid *summen av generaliserte reisetider og avgifter* beregnes i matrisene. Størrelsen på hver enkelt av disse komponentene er ikke entydig bestemt. I dette scenariet må derfor kalkylene gjennomføres på lenkeniv . Først bestemmes rutevalget med marginalkostnadsfunksjoner. Fra dette rutevalget tar vi vare på trafikkvolumet og kostnader (altså summen av avgifter og kostnader,  $G'(x)$ ) på hver enkelt veilenke. Dette trafikkvolumet benyttes til å beregne gjennomsnittstider på lenkene med gjennomsnittskostnadsfunksjoner (altså  $g(x)$ ). Slik kan vi bestemme avgiften,  $a = G'(x) - g(x)$ , målt i tid og normalisert til tid for elastisk trafikk, på hver enkelt lenke. Ved hjelp av gjennomsnittstidene i referansescenariet beregner vi verdien av besparelser for den uelastiske trafikken på hver lenke og avgiftsinntekter og tap av konsumentoverskudd på hver lenke (jfr diagram 4.2.1).