



**TØI rapport  
324/1996**

# **Køprising i et miljøperspektiv**

**En simulering av tidsdifferensierte  
bompenger i Oslo**

**Odd I Larsen  
Jens Rekdal**

ISSN 0802-0175  
ISBN 82-7133-970-2

Oslo, april 1996

---

**Tittel:** *Køprising i et miljøperspektiv  
- En simulering av tidsdifferensierte  
bompenger i Oslo*

**Forfattere:** *Odd I Larsen og Jens Rekdal*

TØI rapport 324/1996  
Oslo, april 1996  
34 sider + vedlegg  
ISBN 82-7133-970-2  
ISSN 0802-0175

**Finansieringskilde:** Oslo kommune  
v/Byrådsavdelingen for Miljø og Samferdsel

**Prosjekt:** O-2104 Køprising i et miljøperspektiv

**Prosjektleder:** Odd I Larsen

**Emneord:** Køprising  
Luftforurensing  
Oslo  
Bompenger

**Sammendrag:**

Differensierte bompengesatser med høye takster i rushtiden og lavere takster ellers, eventuelt ingen betaling på kveldstid og i helger bør være et kostnadseffektivt tiltak for å redusere luftforurensing fra veitrafikk i Oslo. En transportmodell for Oslo/Akershus er benyttet til å studere 2 bompengelopplegg med differensierte satser. Ytterligere to alternativer får vi ved å kombinere de to første med en sterk forbedring av kollektivtilbudet. Resultatene viser at man bl a kan oppnå 23-28 % reduksjon i veitrafikkens forbruk av drivstoff innenfor Ring 2 i rushtiden. Vi får altså en relativt stor reduksjon der hvor man i dag - i tid og rom - har de største konsentrasjoner av forurensing. Samtidig oppnås transportøkonomiske gevinster i form av bedre fremkommelighet.

**Title:** *Congestion pricing in an  
environmental perspective  
- A simulation of toll rates differentiated by  
time of day in Oslo*

**Authors:** *Odd I Larsen and Jens Rekdal*

TØI report 324/1996  
Oslo, April 1996  
34 pages + annex  
ISBN 82-7133-970-2  
ISSN 0802-0175

**Financed by:** The Municipality of Oslo

**Project:** O-2104 Congestion pricing in an  
environmental perspective

**Project manager:** Odd I Larsen

**Key words:** Congestion pricing  
Environment  
Oslo  
Cordon tolls

**Summary:**

Toll rates differentiated by time of day can be considered as method of congestion pricing. While relieving congestion this should also be a cost effective way to reduce air pollution from road traffic. A transport model is used to simulate two alternatives with differentiated toll rates. Two additional alternatives comes from combining congestion pricing with improved level of service in public transport. The results show 23-28 per cent reduction in fuel consumption for traffic in the central area of Oslo in peak periods. At present the concentration of air pollutants in this area frequently exceeds recommended maximum levels in peak periods. The cost effectiveness stems from the fact that reduced road traffic improves driving speeds and thus causes reduction in costs for the remaining traffic.

**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 100,-*

---

*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 100.-*

# Forord

Oslo kommune ved Byrådsavdeling for Miljø og samferdsel har igangsatt et større arbeid for å utrede ulike muligheter for å redusere luftforurensing fra veitrafikk i Oslo.

Dette arbeid inngår som en delutredning innenfor temaet «økonomiske og administrative virkemidler». Formålet er primært å undersøke de muligheter som ligger i differensierte bompengesatser. Et slikt tiltak vil også kunne være gunstig fra et transportøkonomisk synspunkt. I motsetning til mange andre tiltak som kan redusere luftforurensingen fra veitrafikk vil det ikke innebære samfunnsøkonomiske kostnader fordi man får en mer effektiv trafikkavvikling på kjøpet.

Arbeidet er fulgt av en rådgivningsgruppe bestående av Kirsten Vaaje og Anne Ebbing fra Byrådsavdeling for Miljø og samferdsel, Nils Rogdar fra Oslo Veivesen, Wencke Kirkeby fra Statens vegvesen Oslo og Truls Hansen, Plan- og bygningsetaten.

Fra TØIs side har forsker Beth Nicolaysen og forskningsassistent Berit Grue bidratt med tilrettelegging av datagrunnlaget. Forsker Jens Rekdal har foretatt beregningene og har sammen med forskningsleder Odd I Larsen skrevet rapporten. Bjørg Mannsverk har stått for utformingen av rapporten.

Oslo, april 1996  
TRANSPORTØKONOMISK INSTITUTT

*Knut Østmoe*  
instituttssjef

*Odd I Larsen*  
forskningsleder



# **Innhold**

1 Innledning.....	1
2 Vegprising/bompenger som virkemiddel .....	3
3 Forholdet til kollektivtrafikken .....	7
4 Opplegg for analysen.....	9
4.1 Analyserte alternativer .....	10
4.2 Samfunnsøkonomiske effekter .....	13
4.3 Drivstofforbruk og utslipp.....	14
5 Resultater.....	17
5.1 Effekter på trafikken.....	17
5.2 Endinger i drivstofforbruk.....	25
5.3 Sammenstilling av noen samfunnsøkonomiske konsekvenser.....	28
6 Konklusjoner .....	33
Referanser.....	34
Vedlegg	

---



Sammendrag:

# Køprising i et miljøperspektiv - En simulering av tidsdifferensierte bompenger i Oslo

Differensierte bompengesatser er et kostnadseffektivt virkemiddel hvis man vil redusere avgassutslipp fra veitrafikk i Oslo. I periodene med maksimal trafikkbelastning og tilsvarende konsentrasjoner av luftforurensing vil man kunne oppnå over 20 % reduksjon i drivstofforbruk for trafikk på og innenfor Ring 2 (Kirkeveiringen). Samtidig gir dette vesentlig bedre avviklingsforhold og derav følgende besparelser i kjøretid og kjørekostnader for den biltrafikk som blir igjen i systemet. Differensiering kan gjennomføres uten at biltrafikantene *totalt sett* må betale mer bompenger og med redusert driftstid for systemet slik at man sparer kostnader.

Luftforurensing fra veitrafikk er et problem i deler av Oslo. Hvor alvorlig problemet er varierer både geografisk og over tid. Høye konsentrasjoner av luftforurensing i kombinasjon med mange berørte er selvsagt det verste. Dette er situasjonen i sentrale deler av Oslo i perioder med stor trafikk. Problemet her blir ytterligere forsterket når værforholdene gjør at man får lite utskifting av luftmassene slik som forholdene ofte blir vinterstid.

Det er en rekke tiltak og virkemidler som kan brukes for å få redusert luftforurensingen fra veitrafikk. I dette arbeid er hensikten å belyse den mulige effekt av differensierte bompengesatser. Fra et samfunnsøkonomisk synspunkt bør differensierte bompengesatser være et kostnadseffektivt virkemiddel selv om den reduksjonen i luftforurensing som oppnås med dette ikke *alene* vil være tilstrekkelig til å nå de mål man måtte ha for luftkvalitet. Vi har konsentrert oss om effekten på drivstofforbruket. Utslipp av ulike avgasskomponenter i forhold til kjøreforhold og drivstofforbruk er et relativt komplisert saksområde som vi ikke går nærmere inn på.

Kostnadseffektiviteten er knyttet til det forhold at en biltur som foretas i et købelastet veisystem har en relativt høy kostnad i forhold til andre bilturer. En vesentlig del av kostnaden skyldes forsinkelser og økt drivstofforbruk som en ekstra biltur påfører annen trafikk. Det spesielle med en biltur som foretas i et købelastet veisystem i forhold til andre bilturer er dels at den forurenser relativt mye fordi avviklingsforholdene er dårligere enn ellers og dels at den samtidig bidrar til at den øvrige trafikk forurenses mer. Dette innebærer at dersom trafikken i et købelastet veisystem reduseres med f.eks. 10 %, så vil drivstofforbruk og avgassutslipp ofte kunne reduseres med 15 % eller mer. En ytterligere grunn til å fokusere på rushtrafikk er at turer som foretas i disse

---

Rapporten kan bestilles fra:

Transportøkonomisk institutt, Postboks 6110 Etterstad, 0602 Oslo

Telefon: 22 57 38 00    Telefax: 22 57 02 90

perioder vil ha en relativt høy kaldstartandel, spesielt om morgenen. Dette innebærer også høyere drivstofforbruk og utslipp av NO<sub>x</sub> fordi katalysatorer ofte ikke har full effekt.

Den enkelte bilist tar i dag ikke tilstrekkelig hensyn til de forsinkelser og økte kjørekostnader som påføres annen trafikk i forbindelse med kjøring i et løbelastet veisystem. Det er med slik bilkjøring som med mange andre «goder». Hvis folk ikke betaler den faktiske kostnad vil vi få en tendens til «overforbruk». I dette tilfellet vil bli foretatt mange bilturer hvor bilistene ikke har en nytte av turen som er større eller lik den samfunnsmessige kostnad. Hovedpoenget med veiprising, eller mer presist kjøprising, er at bilistene skal ta hensyn til den fulle samfunnsmessige kostnad når de foretar sine valg.

Vi skal også være oppmerksom på at det ikke skal så store trafikkreduksjoner til i rushtiden for å få en vesentlig bedring i trafikkavviklingen og indirekte i luftforurensingen. 15-20 % reduksjon i forhold til dagens nivå på rushtrafikken vil praktisk talt fjerne køene og gi vesentlig bedre avviklingsforhold for den trafikk som blir igjen.

#### **4 alternativer er sammenlignet med dagens situasjon**

Alternativene er følgende:

1. Differensierte satser på dagens bompengering. For lette biler forutsettes en takst på 30 kr i den maksimalt belastede time morgen og ettermiddag og 15 kr pr passering for timene før og etter den maksimalt belastede time. Mellom rushtidene forutsettes takster som i dag og om kvelden og i helger forutsettes det at bomgifter sløyfes. I dag er gjennomsnittstaksten pr lett bil ca 8 kr når man tar hensyn til rabattordningene. For tunge biler forutsettes det at takstene slik som i dag, er det dobbelte av takstene for lette biler.
2. Et modifisert bompengeplegg med flere soner og halvert takst i forhold til alternativ 1 ved passering av hver sonegrense. Sonesystemet er lagt opp slik at ingen bilturer vil gå over mer en 2 sonegrenser, dvs maksimal avgift pr tur blir 30 kr for lette biler.
3. Forbedret kollektivtilbud i kombinasjon med 1. Forbedringen innebærer grovt sett at frekvensen på alle kollektivruter økes med 25 % i rushtiden og at man utenom rushtid har en frekvens på kollektivlinjene som tilsvarer dagens rushtidstilbud.
4. Forbedret kollektivtilbud i kombinasjon med 2.

Konsekvensene av de ulike alternativer er analysert ved hjelp av en transportmodell for Oslo/Akershus som tar hensyn til hvordan kostnader og reisetider påvirker valget mellom bil og kollektivtrafikk. Modellen tar også hensyn til at bilistene kan velge å kjøre i forkant eller etterkant av den mest belastede periode i rushtiden. Resultatene må betraktes som et anslag på relativt kort-siktige effekter hvor det ikke er tatt hensyn til at de tiltak som analyseres på lenger sikt vil kunne påvirke folks valg av bosted og arbeidssted mm. På



lenger sikt er det derfor grunn til å regne med noe større effekter enn vi her har beregnet.

I analysene har vi tatt høyde for at det både vil være bilister og kollektivtrafikanter som for praktiske formål kan betraktes som «bundet» til den reisemåte de faktisk benytter i dag. Kollektivtrafikanter uten førerkort eller tilgang til bil kan ikke bruke bil som alternativ. Når det gjelder bilfører har vi en relativt høy andel næringstrafikk og bilfører som bruker bil til arbeidsreisen fordi de bruker bilen også til tjenestereiser i arbeidstiden. Denne bilbruk vil trolig påvirkes lite av endringer i bompengesatsene av de størrelseorden vi her ser på. Vi har derfor forutsatt at disse bilturer er upåvirket av differensierte bompengesatser.

Hovedvekten er lagt på å belyse størrelsesorden på de effekter som er aktuelle og det ikke gjort noe forsøk på å utrede de enkelte alternativer i detalj. Skal man i praksis gjennomføre en sterk tidsdifferensiering av bompengesatsene vil det f eks være ønskelig med en glidende overgang mellom ulike takstnivåer. Dette kan ordnes på ulike måter som vi ikke går nærmere inn på her. Konsekvenser for avgassutslipp er som nevnt ikke beregnet direkte, men vi har anslått effekten for drivstofforbruk på grunnlag av en sammenheng mellom drivstofforbruk pr km og avviklingsforhold. Drivstofforbruk for den trafikk som skjer på eller innenfor Ring 2 (Kirkeveiringen) er beregnet separat.

### En kort oppsummering av resultater

Tabell A gir en kortfattet oppsummering av noen hovedresultater. Alle tall refererer seg til endringer i forhold til dagens situasjon.

Tabell A: Noen hovedresultater

	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4
Reduksjon i antall bilturer som passerer dagens bompengering i makstimen om morgenen	6600 (19 %)	4000 (11 %)	7300 (21%)	4700 (13 %)
Reduksjon i drivstofforbruk på og innenfor Ring 2 i makstimene	23 %	25 %	25%	28 %
Verdien av besparelser i kjøretid og kjørekostnader for gjenværende trafikk i rushtidene, Mill kr pr år	96	70	116	92
Endring i bompenginntekter, Mill kr /år	88	-2	72	-15
Endring i trafikkinntekter for kollektivsystemet, Mill kr/år 1)	85	69	161	144
Verdien av tidsbesparelser for kollektivtrafikanter, Mill kr/år	-	-	463	461

1) Bare merinntekter som skyldes overgang fra bilfører til kollektivtrafikk

Reduksjon i antall turer over dagens bompengering er beregnet til å være av størrelsesorden 20 % ved en økning av takstene for lette biler til kr 30. Totaltrafikken innenfor bompengeringen vil reduseres vesentlig mindre enn dette, men vi får allikevel en reduksjon i drivstofforbruk for biltrafikk på og innenfor Kirkeveiringen som er av størrelsesorden 20-25 %. Dette er den kombinerte effekt av mindre biltrafikk og bedre trafikkavvikling.

Reduksjonen i trafikken over dagens bompengering blir mindre med et utvidet sonesystem (Alt 2), men dette har større effekt på trafikk innenfor Kirkeveiringen og gi større reduksjon i drivstofforbruk her.

Som forventet får vi relativt store besparelser i kjøretid og kjørekostnader for den biltrafikk som blir igjen i systemet. I de beregnede alternativer varierer besparelsene mellom 70 og 116 Mill kr pr år. Til sammenlikning bør et vei-prosjekt til 1000 Mill kr gi årlige besparelser av størrelsesorden 100 Mill kr for å være transportøkonomisk lønnsomt.

Takstdifferensiering på dagens bompengering gir etter våre beregninger en økning i bompengeinntekter, mens vi får en svak reduksjon med et utvidet sonesystem. Et utvidet sonesystem vil imidlertid være dyrere i drift, uten at vi har regnet på hvor store kostnader det er tale om. Samtidig blir det imidlertid vesentlig kortere driftstid for bompengesystemet i alle alternativer og dette bør gi kostnadsbesparelser for avgiftsinnkrevningen. Med mindre justeringer i de takster vi her har operert med vil det være mulig å få et system hvor biltrafikantene totalt sett betaler omtrent det samme som i dag.

Kollektivtrafikken får økte trafikkinntekter på grunn av reiser som overføres fra bil til kollektivtrafikk. Vi har imidlertid ikke regnet på merkostnadene ved overført trafikk eller forbedret kollektivtilbud. Besparelsene for kollektivtrafikanter ved et utvidet kollektivtilbud bør i prinsippet betraktes på linje med de besparelser man får for biltrafikken i forbindelse med vei-prosjekter. Som det fremgår av tabellen er det her tale over 4-500 Mill kr på årsbasis.

Summary:

# **Congestion pricing in an environmental perspective**

## **- A simulation of toll rates differentiated by time of day in Oslo**

**Toll rates differentiated by time of day for the cordon toll in Oslo is a cost effective way to reduce air pollution from road traffic in the central area of the city. In peak periods with severe congestion and consequently also high concentration of air pollutants, differentiated toll rates may reduce fuel consumption in the inner city by more than 20 per cent. This is the combined effect of reduced road traffic and improved driving conditions for the traffic remaining in the system.**

**Improved driving conditions also means considerable savings in travel time and operating costs for the remaining traffic, i.e. reducing peak traffic will produce the additional benefits usually associated with congestion pricing. Differentiated toll rates can be implemented without increasing the total tolls paid by motorist. The schemes we investigate imply that the toll system only operates between 6 AM and 6 PM on workdays while the present system is operated around the clock the whole week. This will also reduce the cost of operating the system compared to the present situation.**

Air pollution from road traffic is a problem in parts of the Oslo area. The severity of the problem varies both by location and over time. High concentration of pollutants combined with high population density is of course the worst case. This is the situation in central parts of Oslo in rush hours. The problem is amplified under certain weather conditions and maximum concentration of pollutants may then grossly exceed international recommendations.

Local air pollution is a phenomenon that is clearly delineated in time and space and therefor calls for local solutions. Government taxes on cars and petrol are not well suited for relieving the local problems that only affects certain areas in the largest cities. Among the instruments locally available for restraining road traffic in the Oslo region are the toll system. This system can easily be adapted to the principles of congestion pricing. At present the rate system consists of a flat rate for light and heavy vehicles respectively, with certain rebates for prepayment and seasonal tickets. The present rates do not cover the external cost of car driving in the congested parts of the road system and motorists will consequently not face the full social cost of driving under

congested conditions. It is also worth noting that 15-20 per cent reduction of the traffic in the rush hours will more or less do away with congestion in Oslo.

In peak periods the congestion leads to increased fuel consumption per vehicle kilometre and additional vehicles contribute to more congestion. Restraining peak traffic will thus have a twofold effect on air pollution. Vehicle trips with, on the average, higher fuel consumption than off-peak trips will disappear and fuel consumption will be reduced for the remaining road traffic in peak periods. This means that the reduction in fuel consumption due to one trip foregone in the peak periods may amount to twice the reduction for a similar trip foregone off peak. At the same time this reduction in fuel consumption (and air pollution) will occur when it is most needed.

#### **4 alternatives are compared with the present situation**

The following alternatives have been studied:

1. Differentiated rates on the present toll cordon. We have assumed that the toll rate is increased from the present average of NOK 8 for light vehicles to NOK 30 in the two hours with maximum traffic (one hour in the morning and one in the afternoon). For the hours before and after the maximum hours we have assumed a toll rate of 15 NOK. For the midday working hours the toll rates are assumed to remain as present, while the toll is dropped between 6 PM and 6 AM on workdays and in the week-ends. The toll for heavy vehicles is assumed to be twice the rate for light vehicles (as today).
2. In this alternative the toll system is modified in order to better match the external cost inflicted by different groups of motorists. This implies that we construct a zonal system where motorist pays for the crossing of each zonal boundary. The toll rate for crossing each zonal boundary is half the rates assumed for the present cordon in alternative 1. The zonal system is constructed such that the maximum payment for a trip will be the same as in alternative 1, i.e. 30 NOK.
3. With respect to road tolls this is the same as alternative 1., but the frequencies of public transport services are increased by 25 per cent in peak periods, i.e. for 6 hours per working day. For the remaining periods of the week, public transit services are run as in peak hours at present.
4. With respect to the toll system this is the same as 2., and the public transit services are similar to alternative 3.

The four alternatives are compared to the present situation. In the analysis we use a transport model for the Oslo-region based on the EMME/2-system. The model implies that travellers in peak periods can choose between three distinct hours with respect to the timing of a car trip and also public transport. The choice between the four alternatives is determined by a logit-model which includes cost and travel time for the different options. We assume that

the demand for commercial traffic is unaffected by the variation in the toll rates and travel times within the range studied here. A certain fraction of the travellers are also assumed to be captive to public transport because car is unavailable to them.

### A brief summary of some results

Table A gives a brief summary of some main effects for the four alternatives. All figures refer to the difference between the present situation and the respective alternatives.

*Table A: Some main results*

	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4
Reduction in the number of vehicle trips crossing the toll cordon in the maximum morning peak hour	6600 (19 %)	4000 (11 %)	7300 (21%)	4700 (13 %)
Reduction in petrol consumption for traffic on and inside ring-road #2 in the maximum peak hours	23 %	25 %	25%	28 %
Annual value of time savings and operating cost savings for the road traffic remaining in the system. Mill NOK	96	70	116	92
Changes in annual revenue from the toll system, Mill NOK	88	-2	72	-15
Changes in annual fare revenue for the public transport system, Mill NOK 1)	85	69	161	144
The value for travel time savings for public transit riders, Mill NOK/year	-	-	463	461

1) Only additional revenue due to transfer of car travellers.

The decrease in the number of vehicle trips crossing the present toll cordon is estimated to be of the order of 20 per cent if the rates are increased in the peaks for the existing system. The tested zonal system (Alt 2) has a smaller impact on the number of vehicles crossing the cordon. However, due to the fact that tolls in this alternative also are levied on trips with both origin and destination inside the present cordon, the impact on traffic in the central area and consequently also petrol consumption here are greater.

As expected the value of travel time savings and savings in vehicle operating costs are considerable and varies between 70 and 116 Mill NOK per year. This is of the order of magnitude to be expected from a road project costing 1000 Mill NOK.

Transfer of car drivers to public transport due to improved public transport services also adds about 20 per cent to the savings calculated for differentiated toll rates. The major benefits from improved public transport services are due to the time savings for public transport users.

The fare revenue for public transport increases more or less in proportion to the increase in public transit ridership. The increase in fare revenue by itself may pay for some of the improvement in the level of service. However, we have not attempted to estimate the cost increases that will follow from the

improvements in services assumed in alternatives 3 and 4. These will probably exceed the increase in fare revenue by a considerable amount and thus also warrant an increase in subsidies to public transport. On the other hand, within a cost/benefit framework the magnitude of user benefits in the public transport system indicate that quite substantial cost increases can be accepted in order to implement the improvements that we have assumed.

# 1 Innledning

Luftforurensing fra veitrafikk er et problem i deler av Oslo og særlig i perioder med dårlig utlufting. Veitrafikken forårsaker i tillegg en rekke andre ulemper. Det er flere virkemidler kan benyttes for å redusere luftforurensingen. Noen av disse er av generell karakter og ligger på statlig nivå (generelle avgifter på eie og bruk av bil, tekniske krav til kjøretøypark og drivstoff mm). Slike virkemidler er som regel lite hensiktsmessige når det gjelder å løse lokale problemer som er klart avgrenset i tid og rom, selv om de også vil ha en positiv effekt i slike situasjoner. Statlige virkemidler vil primært utformes og doseres utfra nasjonale eller eventuelt globale hensyn. Her fremstår spesielt utslipp av klimagasser som det alvorligste problem. Lokale effekter av luftforurensing kan neppe karakteriseres som et alvorlig problem på nasjonalt nivå. Stort sett er problemene her begrenset til visse områder i større byer.

Påbud om katalysator er et «nasjonalt» virkemiddel som utvilsomt vil gi en vesentlig reduksjon av  $\text{NO}_x$  - utslipp pr bilkm såvel i Oslo som andre steder etterhvert som bilparken fornyes. Effekten av katalysatorpåbudet vil imidlertid begrenses noe av at katalysatoren ikke virker før motoren er blitt tilstrekkelig varm og av at katalysatorene mister noe av sin effekt etter som de blir eldre (se f eks Bang m fl 1993). Over tid må vi også regne med at den teknologiske utvikling når det gjelder biler, vil bidra til mindre drivstofforbruk og avgassutslipp pr bilkm. På den annen side peker prognosene i retning av større bilhold og bilbruk, noe som også vil gjelde for Oslo-området.

Når det gjelder reduksjon av *lokal* forurensing fra veitrafikk er det først og fremst virkemidler med en selektiv virkning i tid og rom som er aktuelle. Slike virkemidler kan bl a omfatte:

- Regulering av gatebruk og arealbruk
- Parkeringspolitikk
- Lokalt forbud eller lokale begrensinger i bruk av piggdekk
- Utforming og dimensjonering av veisystemet

Av disse er regulering av gatebruken (trafikksanering mm) neppe så effektivt når det gjelder luftforurensing totalt sett. Det skjer mer en omfordeling og konsentrasjon av trafikken til enkelte veier og gater. Under visse forutsetninger vil imidlertid dette også være miljømessig gunstig. Endringer i arealbruk skjer langsomt og de virkemidler man kan benytte på dette området vil ikke ha vesentlige effekter på kort sikt.

Parkeringspolitikken er problematisk på grunn av det store antall plasser som er tilgjengelig på privat grunn (se f eks Plan- og Bygningsetaten 1995). Reisevaneundersøkelsene som ble gjennomført i Oslo og Akershus i 1989 og 1990 viste f eks at vel 63-64 % av alle bilturer som startet mellom kl 6 og 9 på virkedager ble foretatt av bilførere som hadde gratis parkering ved jobben. Selv for turer med mål i Oslo sentrum og indre by var denne andel så høy som 53-54 %. Parkeringspolitikk som virkemiddel er mye diskutert. På sett og vis kan begrensning av parkeringsmulighetene betraktes som en «nestbest» løsning. Bilene gjør jo ikke nevneverdig skade når de står lovlig parkert! Hvis det ikke er mulig å påvirke bilkjøringen direkte vil imidlertid parkeringspolitikken være et alternativ.

Veibygging og andre tiltak i veisystemet vil i mange tilfeller ha en effekt i retning av å kanalisere trafikk og bedre kjøreforholdene. Dette kan ha gunstige effekter lokalt, men veibygging i Oslo-området er dyrt og nye veianlegg innebærer ofte en miljømessig ulempe i seg selv.

Prioritering av kollektivtrafikk (lave takster, godt tilbud) blir også ofte fremhevet som et virkemiddel for å redusere biltrafikken og dermed forurensing fra veitrafikk. Vi kommer nærmere tilbake til dette nedenfor.

Denne rapporten behandler i første rekke «vegprising» som virkemiddel. Grunnen til dette er at vegprising - spesielt i større byer med køproblemer - normalt vil være et kostnadseffektivt virkemiddel mht til å redusere luftforurensing. I særdeleshet vil dette være tilfellet når man allerede har et avgiftssystem i drift som bomringen i Oslo. Aktiv bruk av bomringen eller et modifisert bompengesystem for å redusere biltrafikken, kan gi samfunnsmessige gevinster utover det å redusere luftforurensingen. Forholdet er således at man får redusert luftforurensing som en ekstra bonus fordi man fører en - i andre henseende - samfunnsmessig effektiv transportpolitikk.



## 2 Vegprising/bompenger som virkemiddel

Poenget med veipricing eller mer presist «køprising» er at bilturer som foretas i et købelastet veisystem er samfunnsmessig meget dyre bilturer. Den som foretar en slik biltur opplever selvsagt forsinkelser og økte kjørekostnader i forhold en tilsvarende tur foretatt i en situasjon uten køer. Sine egne forsinkelser tar bilistene hensyn til, og bilen velges selvsagt fordi denne, selv med noe forsinkelser i køer, fremstår som det beste alternativ.

I tillegg til den egne forsinkelse vil imidlertid en ekstra biltur forsinke den øvrige trafikk i systemet og medføre økte kjørekostnader og drivstofforbruk for denne trafikk (se f eks Larsen og Nielsen 1989). Det er dette forhold som gjør at avviklingsforholdene blir dårligere og dårligere desto mer trafikk det er i systemet. Effekten på den øvrige trafikk tar normalt ikke den enkelte trafikant hensyn til.

Mekanismen er stort sett slik at dersom en gitt biltur tar f eks 10 minutter lenger tid i rushtiden enn utenfor rushtiden, så vil denne bilturen *i rushtiden* forsinke all annen trafikk med tilsammen 3 - 7 ganger så mye som den egne forsinkelse, dvs 30 - 70 minutter avhengig av den konkrete situasjon. Regner man om den forsinkelse som påføres annen trafikk til økte tids- og kjørekostnader, så dreier det seg , i størrelseorden, om 30 - 60 kroner. For en tur/retur med begge delturen i rushtiden blir kostnaden bortimot det dobbelte.

Dette er altså kostnader som den enkelte bilist i dagens situasjon ikke vil ta tilstrekkelig hensyn til. Det forhold at bilistene - spesielt i rushtiden - ikke betaler de økte tids- og kjørekostnader som påføres andre veitrafikanter, og dermed ikke tar hensyn til de fulle samfunnsmessige kostnader ved turen, innebærer at vi får et «overforbruk», dvs for mye biltrafikk. Bilistens tankegang om at «Javel, jeg forsinke andre, men andre forsinke jo også meg, og dermed går det opp i opp» holder altså ikke fra et samfunnsøkonomisk synspunkt. *Selv om det ikke fantes miljølemper ved biltrafikk vil det altså være en klar tendens til «for mye» biltrafikk hvis bilistene ikke tar hensyn til de forsinkelser som påføres annen trafikk i købelastede veisystemer.*

En alternativ metode for å vurdere kostnadene ved rushtrafikk, er å se på de investeringer som gjøres i vegsystemet for å øke kapasiteten. Fordeles investeringskostnadene ut på den trafikk som egentlig skaper behov for kapasitetsøkning, vil man også med denne regnemåte finne at rushtrafikken er meget dyr. Et regnestykke basert på veiholdskostnader blir imidlertid vesentlig mer komplisert fordi nye veianlegg ikke bare øker kapasiteten, men også bedrer standarden på veisystemet og i noen tilfeller også har miljømes-

sige fordeler. Derfor er det vanligvis ikke riktig å belaste rushtrafikken for *alle* kostnader ved en kapasitetsøkning.

Uten priser/avgifter som gjør at bilistene faktisk betaler det bilturer i købelastede veisystemer koster, får vi altså «for mye» biltrafikk fra et rent transportøkonomisk synspunkt. Mht luftforurensing er det imidlertid også mest å hente ved å redusere trafikken i rushtiden. Avgassutslipp vil variere med drivstofforbruket som igjen avhenger av kjøreforholdene. Minimum drivstofforbruk har man normalt ved 55 - 60 km/t. Forbruket er vesentlig høyere ved lave hastigheter og ujevn fart (med oppbremsinger og akselerasjoner som man har under køkjøring). I følge Kjørekostnadshåndboken vil drivstofforbruket pr km omtrent fordobles hvis hastigheten reduseres fra 55 km/t til 20 km/t, dvs det vil øke fra f eks ca 0.8 l/mil til ca 1.6 l/mil.

En gjennomsnittsbiltur i rushtiden er omtrent 12 km. Som regel vil bare en del av bilturen skje under køforhold og det kan derfor være realistisk å regne med en gjennomsnittlig drivstofforbruk på ca 1.3 l/mil eller ca 1.6 liter totalt for en biltur på 12 kilometer. Hvis en slik biltur ikke foretas vil man da totalt få redusert drivstofforbruket med 1.6 liter + *redusert forbruk for den øvrige trafikk fordi kjøreforholdene da blir bedre*. Det siste kan lett dreie seg om bortimot 1 liter ekstra.

Vi har altså den situasjon at en ekstra biltur i rushtiden kan medføre at drivstofforbruket i Oslo-trafikken - direkte og indirekte - øker med ca 2,5 liter, mens drivstofforbruket for en tilsvarende biltur foretatt utenom rushtid kan ligge på omtrent en tredjedel av dette. Når vi samtidig vet at bilturen i rushtiden vil ha en betydelig samfunnsmessig kostnad (som bilistene i dag ikke betaler for), er det klart at reduksjon av biltrafikken i rushtiden kan være en meget kostnadseffektiv måte å få redusert luftforurensingen på. Legger man en ekstra avgift på rushtrafikk vil folk som ikke er villig til å betale det en biltur da koster, la bilen stå. Reduksjonen i drivstofforbruk blir relativt høy i forhold til det man oppnår ved å redusere annen trafikk. Samtidig kommer reduksjonen i perioder hvor konsentrasjonen av luftforurensing normalt er størst og de prosentvise reduksjoner blir størst i og nær bykjernen hvor befolkningskonsentrasjonen også er størst.

Trafikktoppene kan reduseres enten ved at biltrafikk «skyves» til andre perioder med mindre trafikkbelastning og køkjøring eller til alternative reise-måter som for biltrafikk primært vil være kollektivtrafikk. Fra et miljømessig synspunkt er det siste å foretrekke.

Ved å øke kostnadene ved å kjøre bil i et købelastet veisystem griper man så si ondet ved roten, nemlig det forhold at det i dag er en vesentlig forskjell mellom det den enkelte bilist oppfatter som kostnaden ved turen og den samfunnsmessige kostnad ved turen. Erkjennelsen av disse forhold gjør at «køprising» nå er et mye diskutert og utredet virkemiddel internasjonalt (se f eks Small og Gomez-Ibanez 1994 og Hau 1994). En medvirkende årsak til den økte interesse for «køprising» er at teknologien for avgiftsinnkreving nå er blitt såvidt billig og fleksibel at en rekke av de praktisk/økonomiske problemer ved «køprising» er blitt overkommelige.

Gevinsten ved «køprising» vil alltid måtte veies mot kostnadene ved å etablere og drive et system for innkreving av avgift. I Oslo er man i den heldige stilling at det allerede er etablert et innkrevingssystem av andre grunner. Det vil derfor være tale om endring i avgifter for eksisterende system og eventuelt også en viss modifikasjon av eksisterende system for å gjøre det mer hensiktsmessig som et virkemiddel mht kjøprising. Kostnaden ved å drive et hensiktsmessig kjøprisingssystem vil derfor være vesentlig lavere enn om man må starte fra grunnen av med å etablere et helt nytt system for avgiftsinnkreving. Totalt sett vil det heller ikke være nødvendig å kreve inn mer avgifter enn i dag for å få et effektivt kjøprisingssystem.

Dette er bakgrunnen for at vi i dette arbeid har lagt hovedvekten på å analysere aktiv bruk av bompengesystemet for å få redusert biltrafikken. Det er imidlertid grenser for hva man kan oppnå med et enkel bomring som Oslo har i dag. Dette skyldes bl a at bomringens lokalisering ikke gjør den spesielt velegnet til kjøprising. Store grupper av bilister som bidrar til kjøproblemer og miljøulemper i de sentrale deler av Oslo betaler i dag ikke bompenger. På den annen side er mange turer som passerer bomringen i rushtiden som ikke bidrar nevneverdig til kjøproblemer eller lokale miljøulemper.

I tillegg til økte takster i rushtiden (og reduserte takster ellers) for eksisterende system, ser vi derfor også se på et modifisert system hvor antall «betalingspunkter» øker og plasseringen endres for noen av de eksisterende punkter.



### 3 Forholdet til kollektivtrafikken

Prioritering av kollektivtrafikk blir ofte fremhevet som et virkemiddel for å få redusert biltrafikken. Samfunnsøkonomisk er det gode grunner til å prioritere kollektivtrafikk, bl a med relativt store driftstilskudd som muliggjør lavere takster og bedre tilbud enn det som ellers ville være mulig. Dette gjelder selv om det ikke er noe «problem» forbundet med biltrafikken. Grunnen er enkelt sagt at et bedre kollektivtilbud også er en fordel for dem som allerede reiser kollektivt. Regner man her på samme måte som man gjør ved vurdering av veiprosjekters lønnsomhet, dvs tar hensyn til kollektivtrafikanternes tidskostnader, finner man ofte at kollektivtilbudet bør være vesentlig bedre enn det faktisk er.

Samfunnsøkonomiske aspekter rundt takster og tilbud for kollektivtrafikk er bl a belyst i en analyse utført for A/S Oslo Sporveier, (Larsen 1993). En av hovedkonklusjonene der er at kollektivtilbudet, i form av kjørte kilometer i rute (produksjon av vognkm), jevnt over er for dårlig. På den annen side er det en tendens til for høy kapasitet pr ruteavgang. Resultatene er helt i tråd med det man har funnet i tilsvarende analyser andre steder. De innebærer at vi i dag gjennomgående prioriterer på en måte som i for stor grad favoriserer lave kostnader for kollektivsystemets på bekostning av kollektivtrafikanternes oppofrelse (verdien av kjøretid, ventetid og gangtid).

Både nasjonalt og internasjonalt er det en rekke forskningsresultater som peker i retning av at prioritering av kollektivtrafikk *isolert sett* har relativt begrenset effekt mht å redusere biltrafikken. Særlig er dette tilfelle når kollektivtilbudet i utgangspunktet er noenlunde brukbart. Den trafikkøkning man får ved en bedring av tilbudet eller reduserte takster ser hovedsakelig ut til å skyldes overført gang- og sykkeltrafikk. I tillegg vil regulære kollektivtrafikanter reise oftere. Benyttes avgifter for å redusere biltrafikken vil den økte kollektivtrafikk som dette medfører også gi et markedsmessig grunnlag for et bedre kollektivtilbud. Dette er en fordel for dem som i utgangspunktet reiste kollektivt. Av den grunn ser vi her på effekten av å kombinere «køprising» med et bedret kollektivtilbud.

Bedring av kollektivtilbudet vil også gi et mer realistisk bilde av det som faktisk vil skje dersom man benytter økte bomavgifter i rushtiden som et virkemiddel for å redusere biltrafikken. I rushtiden kan man ikke avvikle vesentlig mer kollektivtrafikk over de dimensjonerende snitt i systemet uten å utvide tilbudet.



## 4 Opplegg for analysen

Analysen innebærer at vi sammenligner «dagens situasjon» med 4 alternativer.

Sammenligningen gjøres for 4 ulike trafikksituasjoner som vi kan betegne som:

A: Morgenrush

B: Mellom rushtider på virkedager

C: Ettermiddagsrush

D: Lavtrafikk (kveld og helger)

For alle situasjoner skiller vi mellom reiser som er «bundet» til hhv bil eller kollektivtrafikk. Bundne kollektivtrafikanter er trafikanter som ikke har førerkort eller tilgang til bil i husholdningen. Bundne bilturer er turer som foretas med tunge biler og turer som foretas av bilførere som bruker bil i arbeid. For praktiske formål kan vi regne med at de «bundne» bilturer vil være upåvirket av endringer i bompengesatser eller kollektivtilbud innenfor det variasjonsområdet vi her vurdert. Denne trafikk blir derfor behandlet som en «bakgrunnstrafikk» som bare belaster kapasiteten i veisystemet. For den trafikk som ikke er «bundet» til ett transportmiddel regner vi med at de reisende velger mellom bil og kollektivtrafikk. I rushtidene kan i tillegg biltrafikanterne velge å forskyve reisetidspunkt. Valget står her mellom:

- Den maksimalt belastede time
- Timen før den maksimalt belastede time
- Timen etter den maksimalt belastede timen

Ved å differensiere takstene på bompengeringen innenfor timesintervaller morgen og ettermiddag vil vi da både få en forskyvning av bilturer i tid og en overgang til kollektivtrafikk. Vi regner imidlertid ikke med forskyvninger fra rushperiodene til lavtrafikkperiodene. Dette er en modellmessig forenkling som til en viss grad lar seg forsvare idet vi vet at det meste av persontrafikken i rushperiodene er reiser til/fra arbeid eller delreiser i turkjeder mellom bosted og arbeidssted. For slike reiser er det vanskelig å foreta store forskyvninger i tid.

Differensierte bomtakster vil imidlertid, i hvert fall på sikt, kunne gi incentiver for nye og utvidede fleksitidsordninger på arbeidsplassene. Slike tilpasninger ser vi bort ifra i denne analysen. Som en forenkling regner vi også med at reisemønsteret er gitt. På lenger sikt vil selvsagt endrede opplegg for bompenger eller andre transportpolitiske tiltak påvirke hvor folk

velger bosted og arbeidssted og i siste instans også påvirke lokaliseringen av ny utbygging i regionen. De effekter vi beregner må derfor betraktes som relativt kortsiktige, mens effektene på lenger sikt trolig vil være noe større.

## 4.1 Analyserte alternativer

### Alternativ 1: Differensierte takster over dagens bomring

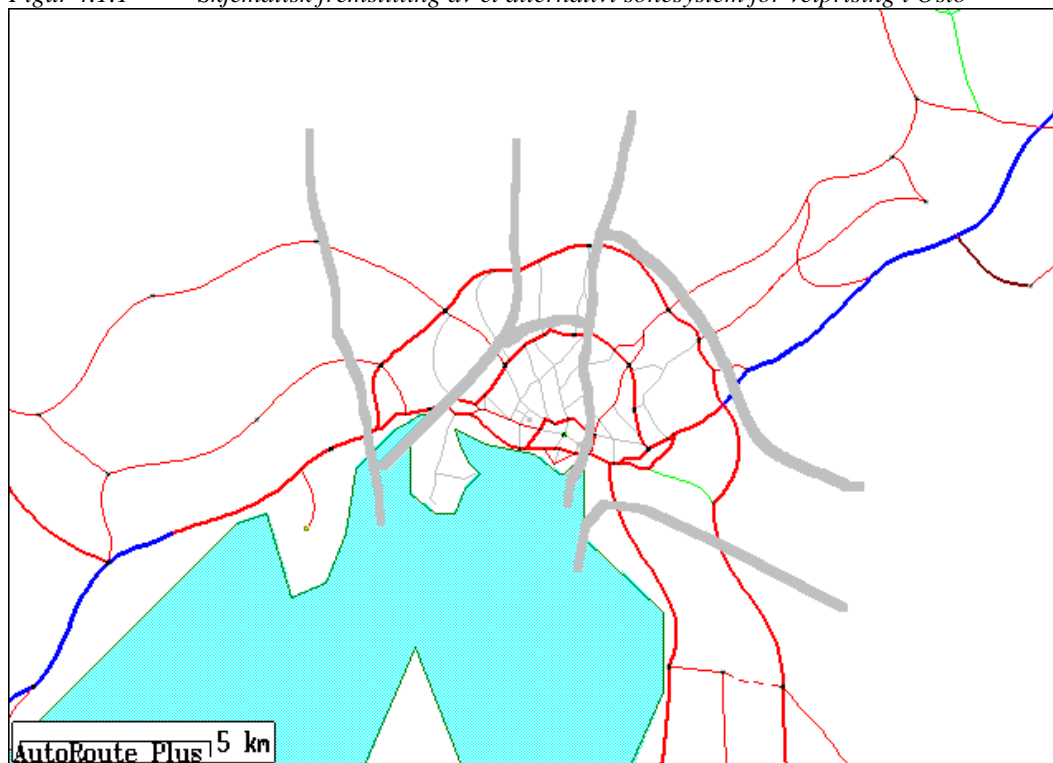
Takstene på dagens bomring økes til kr 30.- i gjennomsnitt pr passering for lette biler i den maksimalt belastede time morgen og ettermiddag på virkedager. I timene før og etter maksimaltrafikktime, er takstene kr 15.- i gjennomsnitt. Mellom rushtidene er gjennomsnittstaksten kr 8 pr passering. Dette tilsvarer dagens gjennomsnittstakst for lette biler. Om kvelden og i helgene kan bomringen passeres gratis. For en tur/retur tur over bomringen i de maksimalt belastede timene begge veier, blir betalingen altså i *gjennomsnitt* kr 15.- pr vei. Turer som innebærer gjennomkjøring fra en korridor til en annen må som i dag betale full takst både for tur og retur, dvs maksimalt 60 kr for en rundtur. Man slipper billigere unna ved å passere bompengeringen utenom de to mest belastede timene, enten på turen, eller på returen, eller selvsagt begge veier. Takstene for tunge biler er som i dag forutsatt å være det dobbelte av takstene for lette biler.

### Alternativ 2: Differensierte takster over et nytt sonesystem

Systemet justeres slik at man må betale for passering av de snitt som er vist i Fig. 4.1.1 med 15 kr pr snitt i timene med maksimal trafikkbelastning og kr 7.50 i timene før og etter maksimalt belastede time. I perioden mellom rushtidene er betalingen 4 kr for hvert snitt som passeres, mens man slipper gratis igjennom om kvelden og i helgene. Som det fremgår av figur 1 består det nye systemet av 7 soner. Som ved dagens bomring betaler man bare i den ene retningen. Maksimalt antall betalingspunkter for en tur/retur reise er 4. Dette innebærer at kostnaden for lange turer til Oslo sentrum blir den samme som i alternativ 1. Det blir dyrere å kjøre i sentrum, mens turer som ikke går helt inn til sentrum blir litt billigere enn i alternativ 1. Vi må understreke at alternativ 2 er laget relativt skjematisk og er basert på den soneinndeling som benyttes i transportmodellen. Det er således ikke gjort noen nærmere undersøkelse av potensielle lokaliseringmuligheter for bomstasjoner som vil motsvare dette alternativ. Formålet har primært vært å se på de muligheter som kan ligge i et noe endret opplegg når det gjelder å påvirke trafikken. Nærmere analyser vil kunne vise at den inndeling vi her har benyttet ikke er spesielt hensiktsmessig når man også tar hensyn til praktiske aspekter ved lokalisering «betalingspunkter». Det er også klart at det analyserte system vil innebære flere betalingspunkter enn dagens system og således også vil være dyrere i drift i den periode man har avgiftsinnkreving.



Figur 4.1.1 Skjematisk fremstilling av et alternativt sonesystem for veiprising i Oslo



### Alternativ 3 og 4: 1 og 2 i kombinasjon med et forbedret kollektivsystem

Ytterligere 2 alternativer får vi ved å kombinere hhv 1. og 2. med et bedret kollektivtilbud. Dette innebærer grovt sett at vi i rushtiden øker frekvensen på tilbudet med 25 % på alle ruter. Utenom rushtid kjøres et tilbud som tilsvarende dagens tilbud i rushtiden, men som er «symmetrisk» i den forstand at det er retningsbalanse i tilbudet, noe som ikke er tilfelle i rushtidene. Dette er en noe skjematisk bedring av tilbudet som vi har valgt å benytte for å unngå en detaljert vurdering av hele ruteopplegget for kollektivtrafikken i Oslo og Akershus. Det er ikke nødvendigvis den beste eller mest realistiske måte å øke kollektivtilbudet på.

Effekten av 1. og 2. er at bilistene i «makstimen» dels kan skyve turen slik at den foretas tidligere eller senere slik at de slipper med 15 kr i stedet for 30 kr i bompenger. Dels kan de velge å benytte kollektivtrafikk. De som i utgangspunktet kjører bil like før eller etter «makstimen» vil stort sett bare ha kollektivtrafikk som alternativ. De vil ikke ha noe motiv til flytte over til «makstimen».

Effekten av økte bompengesatser vil naturlig nok forsterkes når man samtidig bedrer kollektivtilbudet.

Mellom rushtidene holdes bompengesatsene på dagens nivå i alle alternativene. I alternativ 2 og 4 er imidlertid takstene også differensiert i rom. Dette vil gi en viss effekt på biltrafikken, men den største effekten i denne perioden får vi i forbindelse med bedret kollektivtilbud. Etter kl 18 på virkedager

og i helger regner vi med at bompengesystemet ikke er i drift. Dette gjøres både for å holde bompengeinntektene tilnærmet konstant og fordi det i lavtrafikkperioder ikke er grunnlag for «køprising».

Effektene modelleres i EMMA-systemet hvor vi ivaretar virkninger av at et tiltak som reduserer biltrafikken i første omgang vil medføre bedre fremkommelighet og følgelig gi en viss økning i biltrafikken av den grunn. I neste omgang gir dette dårligere fremkommelighet og reduksjon i biltrafikken, osv. Den modell som benyttes beregner en likevektssituasjon som fremkommer etter at alle tilpasninger har funnet sted.

De effekter som beregnes for biltrafikk må imidlertid, som ovenfor nevnt, betraktes som kortsiktige effekter hvor det bare er tatt hensyn til mulige tilpasninger i form av reisemiddelvalg og reisetidspunkt, men ikke til de mer langsiktige tilpasninger som ligger i valg av bosted- og arbeidssted og valg av reisemål mer generelt. De mer langsiktige tilpasninger vil føre til at økte bompengesatser i rushtiden på lenger sikt gir større effekt på biltrafikken over bomringen enn det vi beregner med den modell som er benyttet i denne analysen.

De analyserte alternativer må betraktes som stiliserte eksempler. Hensikten med analysen er å synliggjøre at ulike veiprissingssystemer hvor bilistene blir stilt overfor en samfunnsøkonomisk mer korrekt pris for sine reiser, vil gi tilpasninger som både miljømessig og samfunnsøkonomisk er bedre enn det vi opplever i dag. Vi har ikke gjennomført en nøye vurdering av lokaliseringen av det sonesystem som inngår i alternativene 2 og 4. Vi har heller ikke tilpasset kollektivsystemet til de ulike systemene. En kunne f.eks. tenke seg et kollektivsystem som er bedre tilrettelagt for kombinerte reiser i kombinasjon med de ulike avgiftssystemene for biltrafikk, hvor man gjennom prisene oppfordrer trafikkantene til å parkere bilen i utkanten av byen ved punkter hvor kollektivbetjeningen er god. En kunne også tenke seg avgiftssystemer som i større grad styrer biltrafikken utenom spesielle områder man ønsker å skjerme. Slike systemer vil kunne gi større effekter enn de alternativene som er beregnet i denne analysen.

I praksis vil det være uheldig med store hopp i takster på et gitt tidspunkt slik som vi opererer med her. Det finnes ulike metoder man kan benytte for å utjevne overgangen fra et takstnivå til et annet. Vi går ikke nærmere inn på dette her, men det er et forhold som må tas opp og vurderes dersom man ønsker å gjennomføre en sterk tidsdifferensiering.

## 4.2 Samfunnsøkonomiske effekter

De samfunnsøkonomiske konsekvenser av alternativene finner man i prinsippet ved å summere følgende poster hvor man tar forskjeller i forhold til dagens situasjon:

Tabell 4.2.1 Hovedpostene i en samfunnsøkonomisk kalkyle for konsekvenser av samferdselstiltak i byområder

	Inntekt	Kostnad
<b>Bomselskap:</b>	Økning i bompengainntekter	Netto kostnader ved endret opplegg
<b>Veietat:</b>	Redusert veislitasje	
	Besparelser i kjøre- og tidskostnader pga bedre trafikkavvikling	Nyttetap på grunn av endring i bompengesatser og -opplegg
<b>Kollektivselskap:</b>	Merinntekt ved økt kollektivtrafikk	Merkostnader ved utvidet kollektivtilbud
<b>Kollektivtrafikanter:</b>	Nyttegevinst ved utvidet tilbud	
<b>Miljø/omgivelser:</b>	Verdien av miljøgevinster ved redusert biltrafikk, avgassutslipp og evt. ulykkesreduksjon	
<b>Staten:</b>		Inntektstap ved redusert avgiftsinntekt fra distanseavhengige bilavgifter
<b>Fylke:</b>		Endring i tilskudd til kollektivtrafikk?

Hvis summen av inntektene er større enn summen av kostnadene må tiltaket eller kombinasjonen av tiltak som vurderes, i prinsippet betraktes lønnsomt. Noen av postene er bare relevante for de alternativer som innebærer endring i bompengesystemet og/eller endret kollektivtilbud.

Vi vil i forbindelse med denne analysen ikke gå inn på alle kostnads- og inntektskomponenter, men bare peke på den størrelsesorden som er aktuell for noen av de viktigste.

Det som i første rekke gjør bompenger eller «køprising» til et upopulært tiltak er at alle som må betale mer eller eventuelt endrer reiseadferd på grunn av økte kostnader ved å bruke bil, i første omgang blir dårligere stillet enn tidligere. Dette er imidlertid før man ser på anvendelsen av de økte inntekter og/eller de effekten av takstreduksjoner utenom rushtidene. Poenget med å benytte et slikt virkemiddel er *ikke* at det offentlige totalt sett skal få større skatte- og avgiftsinntekter. Ved et samfunnsøkonomisk lønnsomt tiltak skal det i prinsippet være mulig, ved tilbakeføring avgiftene eller ved reduksjon av andre skatter og avgifter, å sørge for at ingen taper på tiltaket. I vårt tilfelle sløyfer vi bompenger i lavtrafikkperioder, og dette vil langt på vei innebære at bilistene totalt sett ikke kommer dårligere ut. For enkeltindivider vil imidlertid størrelsen på fordeler og ulemper kunne variere mye.

### 4.3 Drivstofforbruk og utslipp

Det ble solgt rundt 446 mill liter bilbensin og ca 236 mill liter autodiesel i Oslo og Akershus i 1994<sup>1</sup>. Tilsvarende tall for hele landet er hhv 2.210 og 1.552 mill liter. I det samme området er det registrert rundt 335000 bensindrevne og ca 9000 dieseldrevne personbiler. Antallet andre biler er ca 68000 (ekskl busser), hvorav 37000 bensindrevne<sup>2</sup>. Gjennomsnittsalder på personbilene i området er ca 9 år mot ca 10 år på landsbasis. Beregninger foretatt av TØI (Rideng 1990) tyder på at befolkningen i Oslo og Akershus bruker mer bil enn bensinsalgstatistikken gir inntrykk av. Befolkningen i Oslo og Akershus kjøper bensin utenfor området uten at dette oppveies av bensinkjøp av bosatte i andre fylker i Oslo og Akershus. Dette begrunnes med at disse fylkene er arealmessig relativt små og det relativt store omfang av ferie- og fritidsreiser ut, fra og gjennom området.

Biltrafikken er blant de største kildene til generell luftforurensning i Norge. Tabell 4.3.1 under gir en oversikt biltrafikkens bidrag til utslipp av ulike forurensningsstoffer på nasjonalt nivå.

Tabell 4.3.1 Utslipp til luft etter kilde i Norge - 1993

	CO <sub>2</sub> mill tonn	SO <sub>2</sub> 1000 tonn	NO <sub>x</sub> 1000 tonn	NM-VOC 1000 tonn	CO 1000 tonn	Pb tonn	Partikler 1000 tonn
I alt	35.7	36.2	229.3	283.7	805.3	107	21.0
Biltrafikk	8.4	3.9	81.2	75.1	596.2	99	4.6
Bensindrevne	5.1	1.6	47.1	70.0	577.3	98	0.7
Dieseldrevne	3.3	2.3	34.1	5.1	18.8	0	3.9

Kilde: SSB Naturressurser og miljø 1995, tabell B4.

Det er imidlertid klart at *de lokale problemene* forbundet med utslipp fra biltrafikken er størst i de store byene. I norsk sammenheng er Oslo dominerende når det gjelder antall personer bosatt i områder der luftkvalitetskriteriene fastsatt av SFT overskrides. I Oslo har NILU målt bestanden av NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> (støvpartikler) og PM<sub>2.5</sub> (partikler i eksos) i luften på 4 utvalgte steder langs veinettet (Torp 1995). Målingene ble gjennomført vinteren 1993/94, og resultatene viser NO<sub>2</sub> og PM<sub>10</sub> hyppigst og i størst grad overskrider anbefalte luftkvalitetskriterier. Dette gjelder både halvårs-, døgn-, og timesmiddelkonsentrasjoner.

De beregningene som er gjennomført i denne analysen er først og fremst knyttet til de lokale forurensningsproblemer i området, og da spesielt i Oslo sentrum. Sammenhengen mellom forbrenning av fossilt brennstoff og utslipp av de ulike forurensningskomponentene er meget komplisert. I tillegg til NO<sub>2</sub> finnes en rekke andre luftforurensningskilder i bilavgassene (CO, NO<sub>x</sub>, VOC, PAH, tungmetaller, mm). Til en viss grad fungerer NO<sub>2</sub> og partikkelinnholdet i svevestøv som indikatorstoffer for disse. Innholdet i utslippene fra biltrafikken i et område avhenger bl.a. av trafikkens sammensetning når det gjelder drivstofftype (diesel, blyinnhold i ulike typer bensin),

<sup>1</sup> Kilde: SSB ukens statistikk aug. 95.

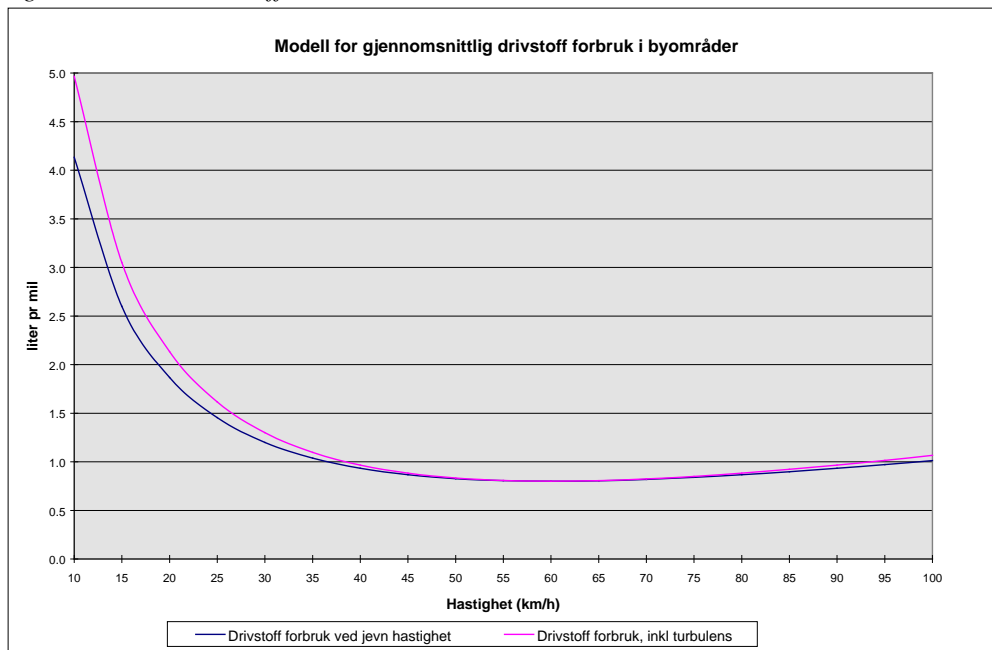
<sup>2</sup> Kilde: Opplysningsrådet for Veitrafikken, Bil- og veistatistikk 1995

hastighet og kurvatur, andel biler med katalysator, andel biler med kald motor, og en lang rekke andre forhold. Det vil nærmest være umulig å modellere alle disse sammenhengene i en tradisjonell transportmodell.

Våre beregninger er derfor knyttet til forbruk av drivstoff snarere enn utslippene som forbrenning av drivstoff medfører. Beregningene er basert på en enkel modell over sammenhengen mellom drivstofforbruk og hastighet på veilenkene i EMMA. Modellen bygger på data fra Kjørekostnadshåndboken. Modellen er vist i figur 4.3.2. I figuren vises 2 kurver. Den ene, som ligger nederst i figuren, angir drivstoff forbruket ved jevn hastighet. Denne tar til en viss grad hensyn til stigning og fall i veinettet. Den andre kurven inkluderer i tillegg ekstra drivstoff forbruk som skyldes start og stopp, akselerasjon og retardasjon som er typisk for bilkjøring i byområder. Vi ser av figuren at ved helt lave hastigheter ned mot 10 km/t, forbrennes en ekstra liter som følge av dette sammenlignet med en situasjon med jevn fart. Videre ser vi at drivstoff forbruket er lavest, ca 0.8 liter pr mil, ved en hastighet på 60 km/t.

Modellen beskriver drivstofforbruket for lette biler (totalvekt inntil 1.3 tonn). Den skiller ikke mellom ulike typer bensin eller diesel. Som en forenkling er denne modellen benyttet på all trafikk som kjører i Oslo og Akershus. Siden vi vet at tungtrafikkandelen i rush-periodene er omlag 6.5 % vil våre beregninger *underestimere* reduksjonen i drivstofforbruk som følge av tiltakene som iverksettes.

Figur 4.3.2 Drivstoff-modell





## 5 Resultater

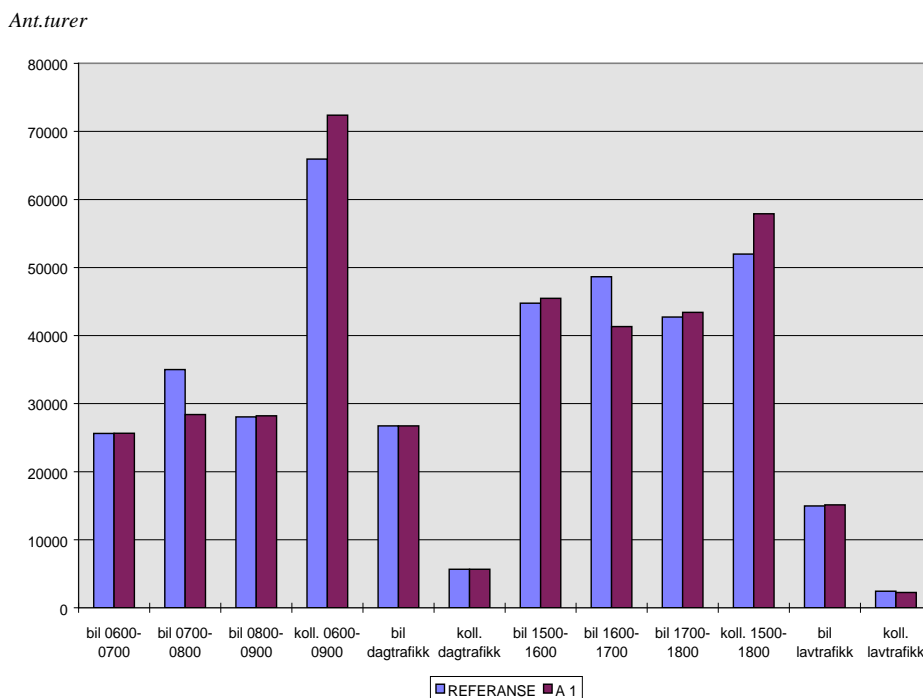
### 5.1 Effekter på trafikken

I dette avsnittet presenteres beregnede endringer i trafikkvolumer som følge av de tiltakene som er bygget inn i de 4 alternativene som det er redegjort for i avsnitt 4.1. Resultatene presenteres i form av figurer. Søylene i figurene representerer trafikkvolum i antall biler og kollektivpassasjerer før og etter tiltak. De 4 første søylegruppene representerer 3 timer i morgenrushet, de to neste er gjennomsnittstimer for trafikken midt på dagen (0900-1500), de 4 neste representerer 3 timer i ettermiddagsrushet, og de 2 siste representerer trafikksituasjonen for en gjennomsnittstime på kvelden og i helgene. Turer som gjennomføres som bilpassasjer er ikke med i figurene. Tall fra RVU-90 antyder et gjennomsnittlig passasjerbelegg på 0.13 i morgenrushet, 0.16 midt på dagen, 0.17 i ettermiddagsrushet og 0.23 om kvelden og i helgene. Det er grunn til å tro at det først og fremst er bilførere som kjører alene som vil endre reisemåte.

#### 5.1.1 Differensierte takster på dagens bompengering

Dette alternativ innebærer som nevnt at man opererer dagens bompengesystem, men med økte takster i rushtiden, dagens takster mellom kl 9 og kl 15 på virkedager og ikke krever bompenger etter kl 18 på virkedager og i helgene.

Figur 5.1.1 Endringer i antall turer over bompengeringen som følge av innføring av tidsdifferensierte takster



Figur 5.1.1 viser *effektene på den delen av trafikken som passerer bomringen*. Initialt passerer ca 35000 biler bomringen i makstimen om morgenen. Etter tiltaket reduseres antallet med 19 % til 28500. For kollektivtrafikken gir dette tiltaket en økning, i de 3 morgenrushtimene i sum, på ca 10 %, fra 66000 til 72500 turer. Dette er netto-effekten. Bak dette ligger en overføring fra bil til kollektivtrafikk i alle 3 perioder samtidig som det skjer en overføring av biltrafikk fra «makstimen» til timene før og etter denne.

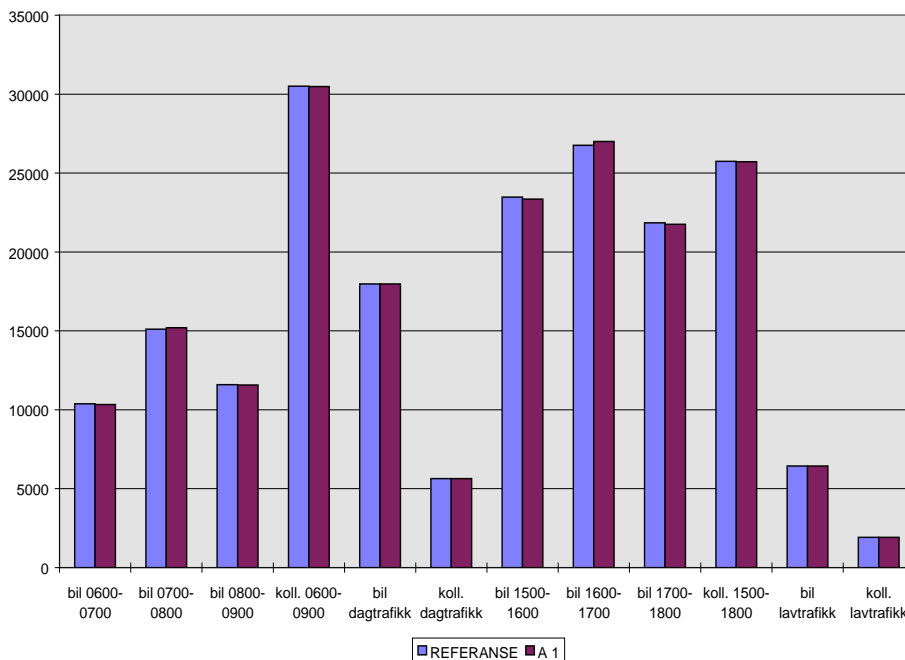
Vi ser at tilsvarende gjelder for ettermiddagsrushet. Netto reduksjon i biltrafikk er her ca 6000 biler som tilsvarer en økning for kollektivtrafikken på 11 % fra 52000 til 58000 turer. Av figuren ser vi at noe av reduksjonen i antall biler i makstrafikktimen overføres til timene før og timen etter denne.

Trafikken midt på dagen står overfor de samme bompengesatser som før tiltaket. I dette alternativet får vi altså ingen effekter for denne trafikken. Kvelds- og helgetrafikken slipper gratis gjennom bomringen. Dette gir en liten overføring fra kollektivtransport til bil. Antall bilførerturer over bomringen øker med 1 % fra ca 15000 pr time.



Figur 5.1.2 Endringer i antall turer med både start- og målpunkt innenfor bompengeeringen som følge av innføring av tidsdifferensierte takster

Ant.turer



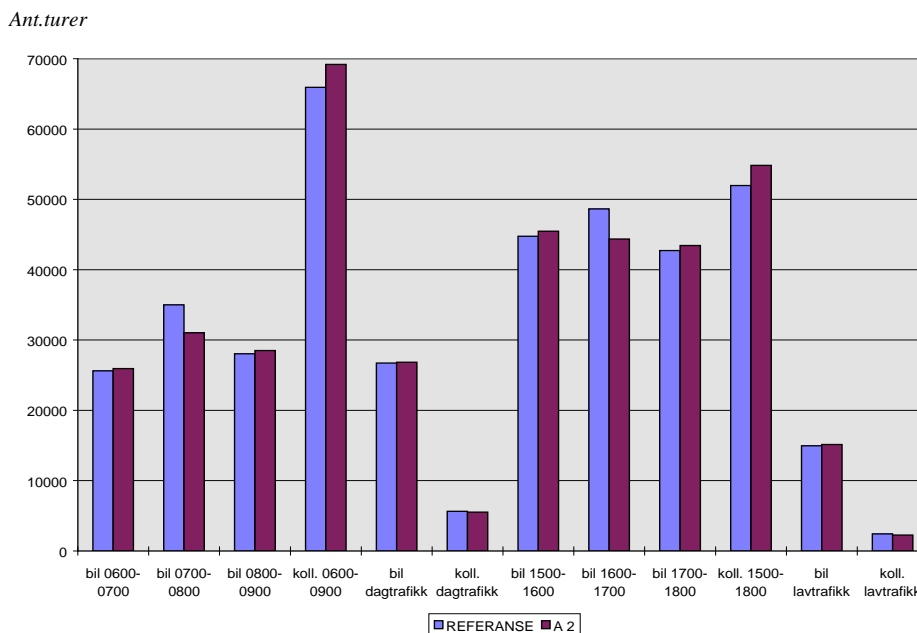
Tabell 5.1.2 viser endringen i antall bilførerturer og kollektivturer for trafikk med både start og målpunkt innenfor bomringen. Vi ser at tiltaket selvfølgelig ikke har direkte effekt på denne trafikken, som kjører gratis både før og etter tiltaket. Den svake tendens til økning i antall biler i noen av periodene skyldes den mekanismen som gjør seg gjeldende, som innebærer at reduksjonen i biltrafikk over bomringen sørger for bedre fremkommelighet innenfor bomringen og dermed en viss økning i bilturer her.

Summeres effektene på trafikken over bomringen og trafikken med start og målpunkt innenfor bomringen gir dette tiltaket en reduksjon på 6500 biler (13 %) i makstimen om morgenen og 7000 biler (10 %) om ettermiddagen.

### 5.1.2 Utvidet bompengesystem

Dette alternativ innebærer som nevnt at man innfører et nytt bompengesystem, med flere betalingspunkter enn dagens, som vist i figur 4.1.1. Dette muliggjør en viss differensiering av takstene over rom etter hvor store kostnader den berørte trafikk påfører samfunnet. Takstene differensieres også over tid med økte takster i rushtiden, dagens takster mellom kl 9 og kl 15 på virkedager og gratis passering etter kl 18 på virkedager og i helgene. Dette systemet ligger dermed nærmere et ideelt vegprisingssystem hvor prisen varierer mer trafikkb belastningen på hver enkelt veilenke.

Figur 5.1.3 Endringer i antall turer over bomringen som følge av innføring av et nytt bompengesystem med tids- og stedsdifferensierte takster



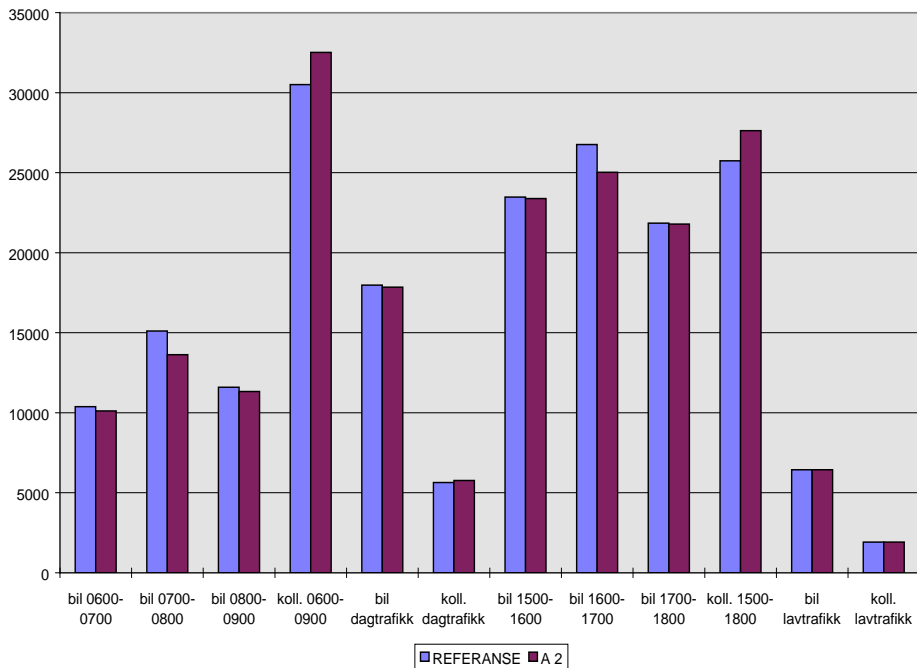
Figur 5.1.3 viser effektene på den delen av trafikken som passerer dagens bomring. Tiltaket gir mindre reduksjoner i denne trafikken enn alternativ 1. Dels skyldes dette at bomringsnittet i nord-øst er flyttet nærmere sentrum. Både i nord-øst og sør er det billigere å kjøre til reisemål nord for Akerselven. Initialt passerer som før ca 35000 biler bomringen i makstimen om morgenen. Etter tiltaket reduseres antallet med 11 % til 31000. For kollektivtrafikken over dagens bomring gir dette tiltaket en økning, i de 3 morgenrushtimene i sum, på ca 4 %, fra 66000 til 69000 turer.

Netto reduksjon i biltrafikk over bomringen i makstimen om ettermiddagen er ca 4500 biler som tilsvarer en økning for kollektivtrafikken på 6 % fra 52000 til 55000 turer.

Figur 5.1.4 viser endringen i antall bilførerturer og kollektivturer for trafikk med både start og målpunkt innenfor bomringen. Mens alternativ 1 ikke gav nevneverdige konsekvenser for denne trafikken ser vi at tiltaket i alternativ 2 gir reduksjoner i antall bilførerturer. Initialt er bilvolumet i sentrum ca 15000 biler i makstimen om morgenen. Etter tiltaket reduseres antallet med 10 % til 13500. For kollektivtrafikken over dagens bomring gir dette tiltaket en økning, i de 3 morgenrushtimene i sum, på ca 7 %, fra 30500 til 32500 turer. Netto reduksjon i biltrafikk over bomringen i makstimen om ettermiddagen er ca 2000 biler som tilsvarer en økning for kollektivtrafikken på 7 % fra 25500 til 27500 turer.

Figur 5.1.4 Endringer i antall turer med både start- og målpunkt innenfor bompen geringen som følge av innføring av et nytt bompengesystem med tids- og stedsdifferensierte takster

Ant.turer



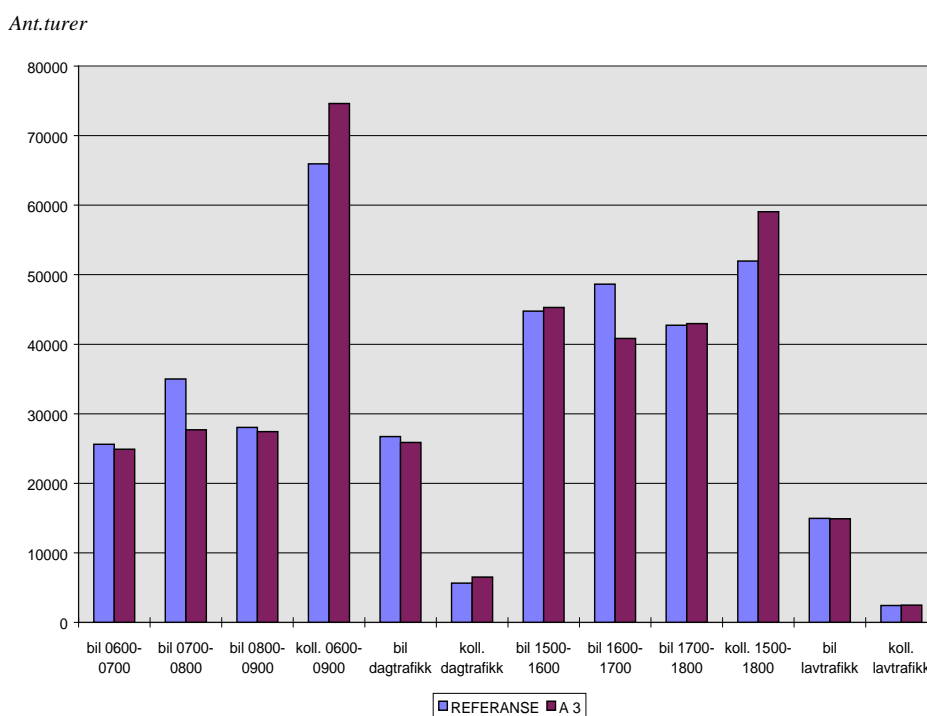
Summeres effektene på trafikken over bomringen og trafikken med start og målpunkt innenfor bomringen gir dette tiltaket en reduksjon på 5500 biler (11 %) i makstimen om morgenen og 6000 biler (9 %) i tilsvarende time om ettermiddagen. Målt i reduksjon av biltrafikk gir altså alternativ 1 bedre resultater enn alternativ 2. Et viktig poeng i denne forbindelse er imidlertid knyttet til reduksjonene i systemkostnader den trafikken som forsvinner gir opphav til. Dette poenget kommer vi tilbake til i avsnitt 5.3.

### 5.1.3 Differensierte takster på dagens bomring og bedret kollektivtilbud

I dette alternativet kombineres som nevnt alternativ 1 med et bedre kollektivsystem, hvor frekvensene i rushperiodene er økt med 25 %, og hvor tilbudet utenom rushtidene tilsvarer dagens rushtidstilbud.

Figur 5.1.5 viser effektene av dette alternativet på trafikken som passerer bomringen. Netto reduksjon i biltrafikk er for de tre morgenrushtimene er her omlag 10 % (8500 biler). Tilsvarende tall for ettermiddagsrushet er 5 %, eller 7000 biler. Vi får også et visst utslag for trafikken over bomringen midt på dagen hvor ca 1000 turer overføres til kollektivtrafikken i gjennomsnittstimen som er vist i figuren. Dette representerer en økning på 15 % i forhold til dagens nivå.

Figur 5.1.5 Endringer i antall turer over bompengeringen som følge av innføring av tidsdifferensierte takster i kombinasjon med et bedre kollektivsystem

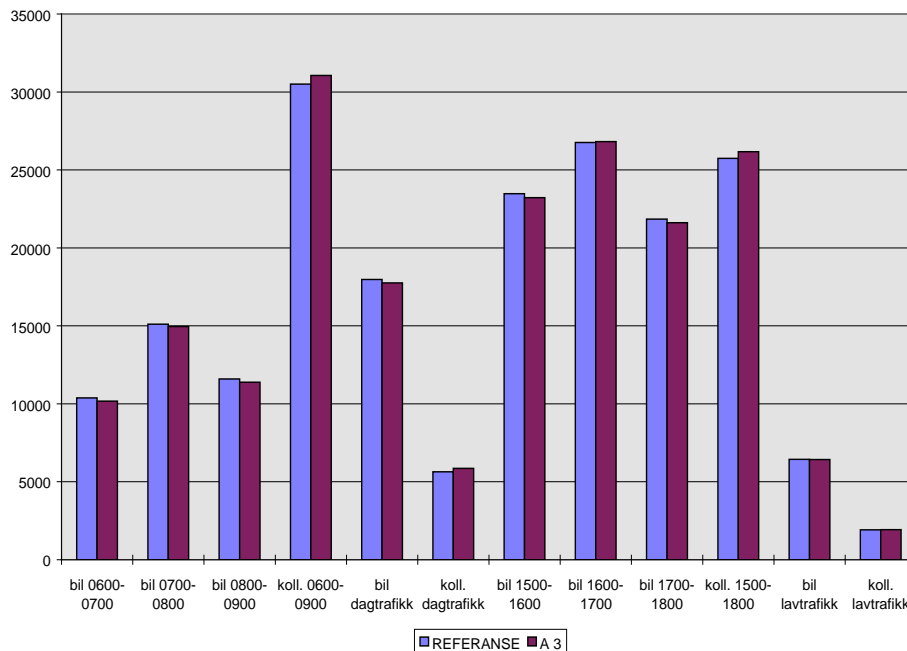


Figur 5.1.6 viser effektene av dette alternativet på trafikken som har både start og målpunkt i innenfor bomringen. De relativt små endringene i volumer vi ser i figuren tyder på at kollektivsystemet i Oslo sentrum i utgangspunktet er meget bra og at det er relativt lite å hente volummessig på å øke frekvensene ytterligere som dette alternativet innebærer.

Summeres effektene på trafikken over bomringen og trafikken med start og målpunkt innenfor bomringen gir dette tiltaket en reduksjon på 7500 biler (17 %) i makstimen om morgenen og 8000 biler (11 %) i tilsvarende time om ettermiddagen.

Figur 5.1.6 *Endringer i antall turer med både start- og målpunkt innenfor bompen geringen som følge av innføring av tidsdifferensierte takster i kombinasjon med et bedre kollektivsystem*

Ant.turer



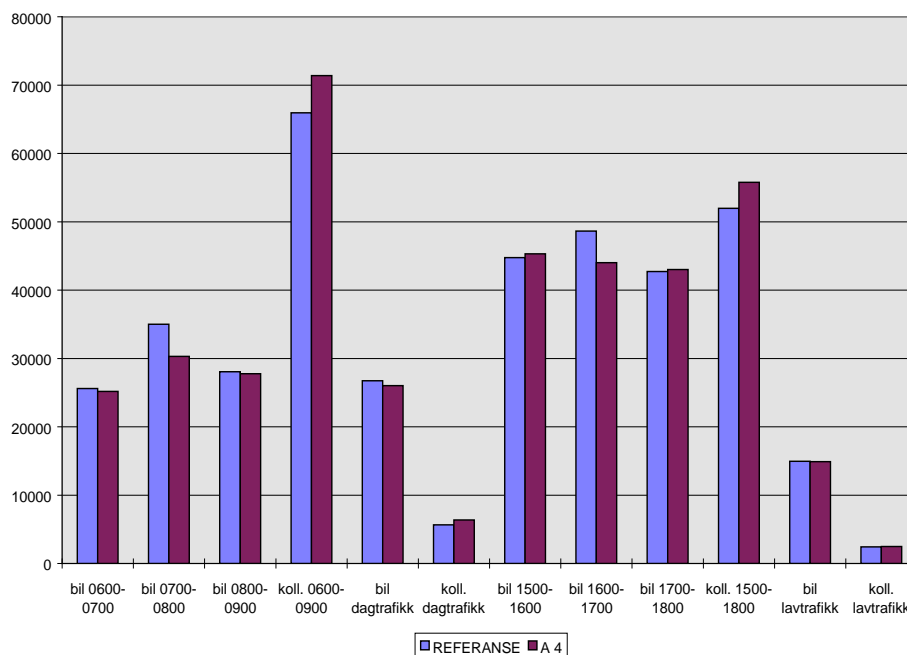
#### 5.1.4 Utvidet bompengesystem og bedret kollektivtilbud

I dette alternativet kombineres alternativ 2 med et bedre kollektivsystem. Figur 5.1.7 viser alternativets effekter på trafikken over bomringen. Netto reduksjon i biltrafikk er for de tre morgenrushtimene er her omlag 6 % (5500 biler). Tilsvarende tall for ettermiddagsrushet er 3 %, eller 4000 biler. Også dette alternativet gir et visst utslag for trafikken over bomringen midt på dagen hvor i underkant av 1000 turer overføres til kollektivtrafikken i gjennomsnittstimen som er vist i figuren. Dette representerer en økning på 13 % i forhold til dagens nivå.

Figur 5.1.5 viser endringen i antall bilførerturer og kollektivturer for trafikk med både start og målpunkt innenfor bomringen. Alternativ 4 gir reduksjoner i antall bilførerturer med 11 % i makstimen om morgenen. For kollektivtrafikken over dagens bomring gir dette tiltaket en økning, i de 3 morgenrushtimene i sum, på ca 9 %, fra 30500 til 33000 turer som er overført fra bil. Netto reduksjon i biltrafikk over bomringen i makstimen om ettermiddagen er ca 2500 biler som tilsvarer en økning for kollektivtrafikken på 9 % fra 25500 til i overkant av 28000 turer.

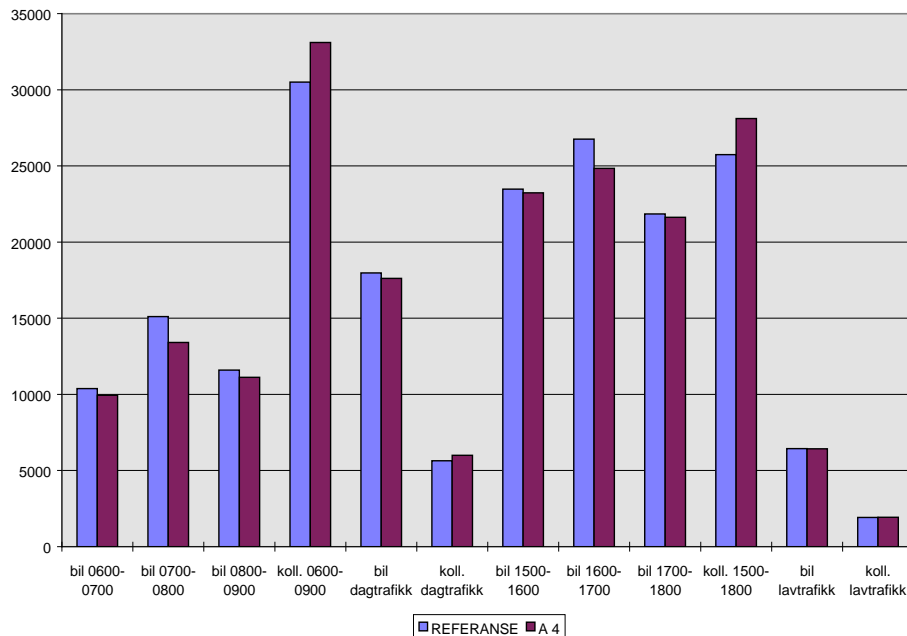
Figur 5.1.7 *Endringer i antall turer over bompengeringen som følge av innføring av et nytt bompengesystem med tids- og stedsdifferensierte takster i kombinasjon med et bedre kollektivsystem*

Ant.turer



Figur 5.1.8 *Endringer i antall turer med både start- og målpunkt innenfor bompengeringen som følge av innføring av et nytt bompengesystem med tids- og stedsdifferensierte takster i kombinasjon med et bedre kollektivsystem*

Ant.turer



Summeres de effektene som er vist i de to figurene gir dette tiltaket en reduksjon på i underkant av 6500 biler (15 %) i makstimen om morgenen og i overkant av 6500 biler (10 %) i tilsvarende time om ettermiddagen.

## **5.2 Endringer i drivstofforbruk**

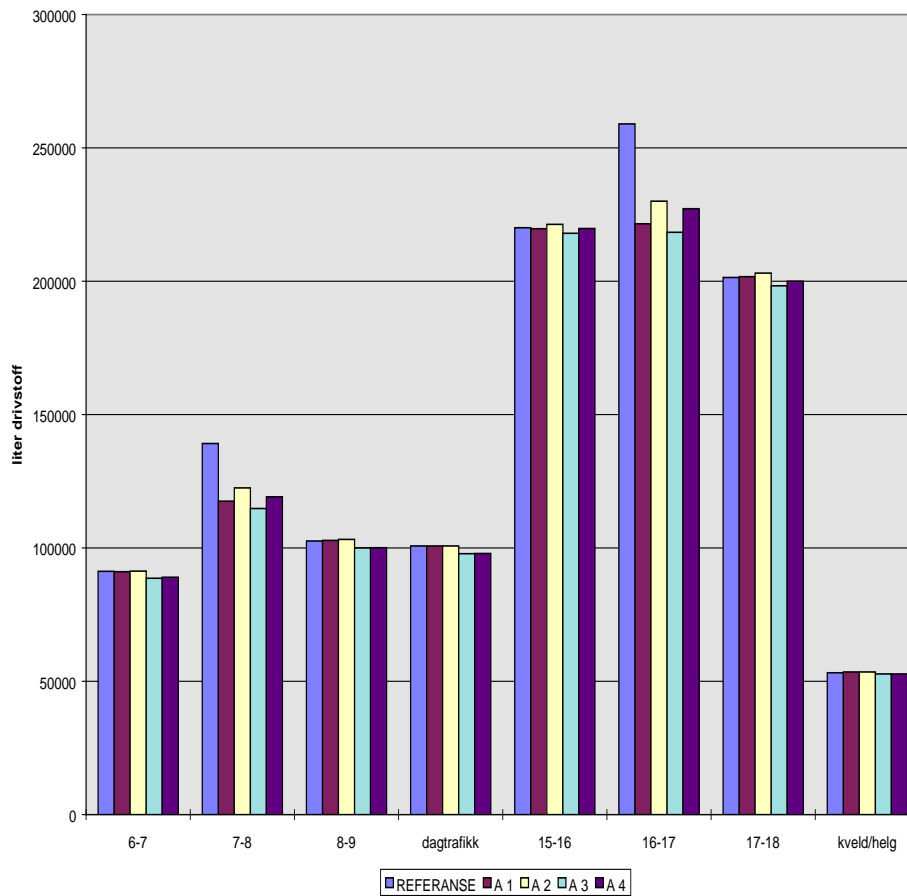
I dette avsnittet presenteres resultatene av de beregninger som er foretatt når det gjelder forbruk av drivstoff og endringer i dette som følge av de tiltakene som ligger i de 4 analyserte alternativer. Innledningsvis kan det være nyttig å presisere forutsetningene som er benyttet.

Drivstoffmodellen er presentert i avsnitt 4.3. Dette er en modell for lette biler, noe som betyr at vi i beregningene vil underestimere konsekvensene av de ulike tiltakene. Det skilles ikke mellom bensin og diesel. Hovedtendensen er at lette biler bruker bensin, mens andelen biler med dieseldrevne motorer øker med kjøretøyets vekt. De tunge kjøretøyene er antatt å være uelastisk i sin etterspørsel med hensyn på de tiltakene som konsekvensberegnes. Bedre fremkommelighet, og dermed lavere drivstoff forbruk, som følge av redusert privatbilbruk vil derfor i økende grad være til nytte for de tunge bilene.

Når kollektivtilbudet bedres med økte frekvenser i alternativ 3 og 4, vil antall rutekm og dermed utslippene fra bussene øke. Denne effekten er ikke tatt med i beregningene. En del av bussenes innfartsårer er allerede i dag sterkt trafikkert av busser, spesielt i rushperiodene, med høy forurensning og dårlig bomiljø som følge. Den teknologiske utviklingen når det gjelder energikilder for, og rensing av avgasser fra busser har imidlertid begynt å skyte fart. Det er ikke urimelig å tenke seg at dagens bensin- og dieseldrevne busser er erstattet med kjøretøy som drives av mer miljøvennlige energikilder innen en tiårs periode. Gjennomsnittsalder for dagens busspark i Oslo og Akershus er 6.6 år, altså betydelig lavere enn personbilparkens gjennomsnittsalder. Siden det også vil være betydelig lettere for myndighetene å regulere bussparkens sammensetning når det gjelder krav til miljømessige ytelser, enn personbilparkens, vil utviklingen mot mer miljøvennlige energikilder kunne gå raskere for kollektive transportmidler enn private.

I Oslo sentrum ser vi at flere busstraseer går parallelt med trikkens trase. Spesielt gjelder dette innfartstraseene for busser som kommer inn fra Akershus. Forholdene er altså langt på vei lagt til rette for et miljømessig mer fremtidsrettet kollektivsystem hvor en stor del av bussene kan drives av kombinerte energikilder. Fordelene med et slikt system er fleksibilitet og miljøvennlighet og relativt lave investeringskostnader. Det innebærer at bussene drives med fossile brennstoff i perifere strøk, og kobles til strømnettet via en strømvatager på taket i sentrale strøk.

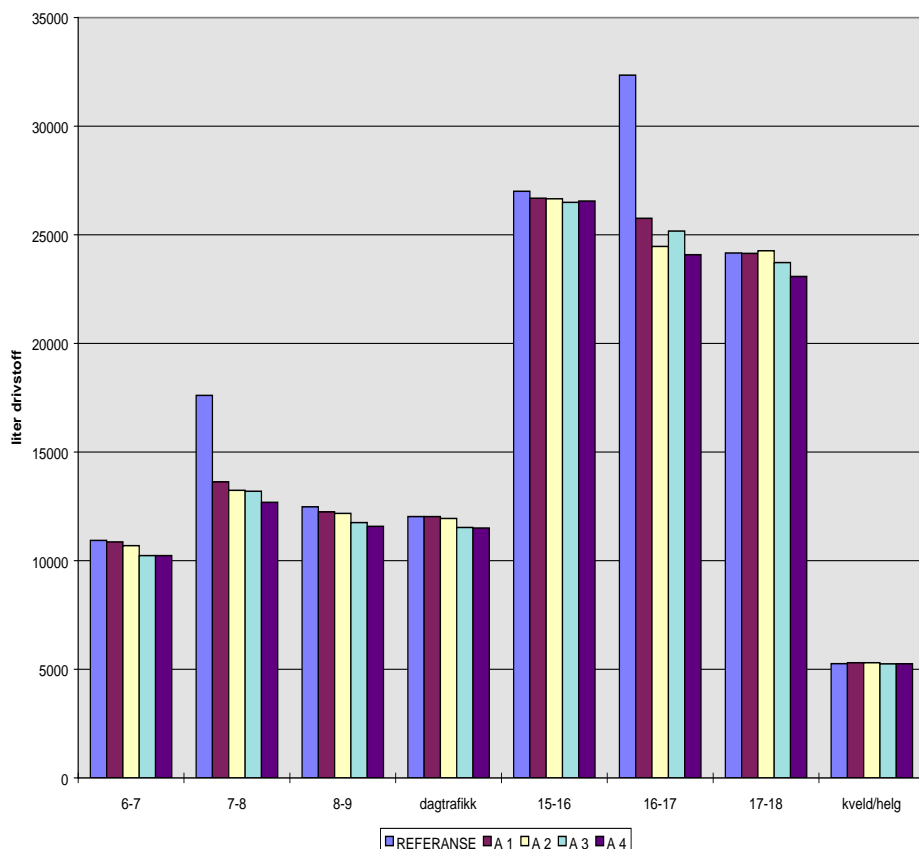
Figur 5.2.1 Reduksjon i drivstofforbruk I Oslo og Akershus fordelt på trafikkperioder.



Figur 5.2.1 viser reduksjonene i drivstofforbruk som er beregnet for hele Oslo og Akershus. Figuren viser at de største effektene oppnås i maksimaltrafikk-periodene. Vi ser videre at de alternativene som innebærer differensierte takster over dagens bomring gir størst reduksjon i drivstoff forbruket når man ser på hele området samlet. Reduksjonen som oppnås i alternativ 1 er i størrelsesorden 16 % i makstrafikktimen og morgenen og 14 % i tilsvarende time om ettermiddagen. Reduksjonen i drivstofforbruk for et gjennomsnittlig virkedøgn er beregnet til 3 % for dette alternativet. Tilsvarende tall for alternativ 2 er hhv 12 % og 11 % for maksimaltrafikk-timene og 2 % for et gjennomsnittlig virkedøgn



Figur 5.2.1 Reduksjon i drivstoffforbruk i Oslo sentrum fordelt på trafikkperioder.



Figur 5.2.2 viser endringene i drivstofforbruk i Oslo sentrum som følge av de ulike tiltakene. Oslo sentrum er her definert som veinettet på og innenfor Ring 2 (Kirkeveiringen). Som ventet er utslagene større når dette området studeres spesielt. Figuren viser at alternativene som innebærer et utvidet bompengesystem gir størst effekt i dette området. Reduksjonen som oppnås i alternativ 2 er i størrelsesorden 25 % i makstrafikktimen og morgenen og 24 % i tilsvarende time om ettermiddagen. Tilsvarende tall for alternativ 1 er hhv 23 % og 20 %. Reduksjonen i drivstofforbruk i sentrum for et gjennomsnittlig virkedøgn er beregnet til 6 % for alternativ 2 og 5 % for alternativ 1. Når disse alternativene suppleres med et bedre kollektivsystem gir dette ytterligere 3 % reduksjon for alternativ 2 og 2 % for alternativ 1 både i maksimaltrafikktimene og på døgnbasis.

Resultatene av beregningene er sammenfattet i tabell 5.2.3 og 5.2.4, hvor beregnede årlige reduksjoner i drivstoff forbruket også presenteres. Omlag 20 % av personbilene i landet er registrert i Oslo og Akershus. En reduksjon på 3-4 % i det årlige drivstoff forbruket, som oppnås i alternativ 3 og 4, fra 20 % av personbilbestanden i Norge vil i relativt beskjeden grad bidra til å redusere forurensningen fra biltrafikken på nasjonalt nivå.

Tabellene viser imidlertid at problemene knyttet til lokal forurensning i det området i Oslo hvor konsentrasjonen av luftforurensning (og befolkning) er størst kan bli betydelig redusert gjennom tiltak som fra et samfunnsøkon-

misk synspunkt i tillegg kan karakteriseres som en mer effektiv transportpolitikk enn den som føres i dag. Dette poenget skal vi utdype i neste avsnitt.

Tabell 5.2.3 Reduksjon i drivstofforbruk for Oslo og Akershus etter trafikkperiode

	Morgen makstime	Morgen-rush totalt	Ettermiddag makstime	Ettermiddag rush totalt	Gj.snittlig virkedøgn	Pr år
A 1	16 %	6 %	14 %	6 %	3 %	2 %
A 2	12 %	5 %	11 %	4 %	2 %	1 %
A 3	17 %	9 %	16 %	7 %	5 %	4 %
A 4	14 %	7 %	12 %	5 %	4 %	3 %

Tabell 5.2.3 Reduksjon i drivstofforbruk for Oslo sentrum etter trafikkperiode

	Morgen makstime	Morgen-rush totalt	Ettermiddag makstime	Ettermiddag rush totalt	Gj.snittlig virkedøgn	Pr år
A 1	23 %	10 %	20 %	8 %	5 %	4 %
A 2	25 %	12 %	24 %	10 %	6 %	4 %
A 3	25 %	14 %	22 %	10%	7 %	6 %
A 4	28 %	16 %	26 %	12%	9 %	7 %

### 5.3 Sammenstilling av noen samfunnsøkonomiske konsekvenser

Hvert virkedøgn passerer rundt 280000 biler bomringen i retning sentrum. Av disse passerer om lag 130000 i de 6 timene som er definert som rushperioder. De bilene som passerer i lavtrafikkperioder bidrar med over halvparten av de midlene som samles inn til finansiering av bl.a. større veikapasitet i området. Slik sett er ikke dagens bomringsystem særlig rettferdig. Investeringskostnadene blir ikke fordelt på den trafikk som skaper behov for større kapasitet. Et annet forhold som bidrar til dette er at en del av den dimensjonerende rushtrafikken ikke passerer bomringen og slipper dermed å betale.

Som nevnt tidligere er den dimensjonerende trafikk meget dyr for samfunnet. Vi har regnet ut kostnadsbesparelser, i form av redusert tidsbruk og driftsutgifter, for trafikken i de to makstimene, som følger av reduksjonen i biltrafikk ved innføring av de ulike alternativene. Disse besparelsene kan betraktes som køkostnader som den trafikken med minst betalingsvillighet, som velger å heller kjøre bil i andre perioder eller å reise kollektivt, påfører den resterende trafikken i dag, altså før innføring av tiltakene. Når denne kostnaden fordeles på antall biler som blir «priset ut» av systemet får vi et uttrykk for den gjennomsnittlige kostnaden en marginal bil påfører den resterende trafikk i makstrafikkperioden. Dette er også et mål på hvor dyr den trafikk som forsvinner er for samfunnet, og dermed også et mål på hvor effektivt trafikkreguleringssystemet er.

Resultatene av disse beregningene vises i tabell 5.3.1. Vi ser at den gjennomsnittlige marginale kostnaden ligger rundt 14 kr for alle alternativene i makstimen om morgenen. Marginalkostnaden for tilsvarende time om ettermiddagen varierer mellom kr 30.- og kr 34.-. Tallene tyder på at trafikkreduksjonene som oppnås i alternativ 1 og 3 som innebærer differensierte takster over dagens bomring, er den som gir størst gevinster for samfunnet.

Tabell 5.3.1 *Marginalkostnader for bil i maksimaltrafikktimene beregnet på bakgrunn av trafikkreduksjoner med tilhørende reduksjoner i køkostnader som følge av alternativene 1-4*

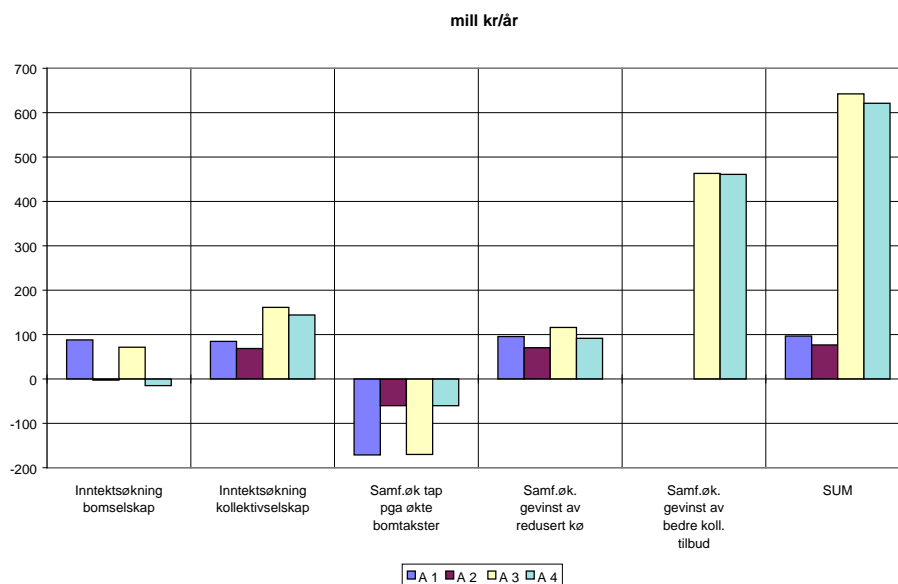
	A 1	A 2	A 3	A 4
reduksjon makstime morgen (antall)	6500	5500	7500	6500
besparelse øvrig trafikk morgen (kr)	90000	75000	104000	92000
gjennomsnittlig kostnad pr bil morgen (kr)	14	14	14	14
reduksjon makstime etterm. (antall)	7000	6000	8000	6500
besparelse øvrig trafikk etterm. (kr)	224000	180000	225000	199000
gjennomsnittlig kostnad pr bil etterm. (kr)	34	30	32	30
gj.snitt kostnad pr bil tur/retur makstime (kr)	47	44	46	45

Tabellen viser videre at en gjennomsnittlig tur/retur med bil som gjennomføres i maksimaltrafikktimene både frem og tilbake koster «resten av samfunnet», her representert ved den øvrige veitrafikk, et beløp i størrelsesorden 45 kr med den trafikksituasjonen vi har i dag. Med dagens bompengesatser koster en tur/retur ca 8 kroner eller eventuelt ca 16 kr hvis det dreier seg om en gjennomkjøring fra en sektor til en annen. Ved en ytterligere reduksjon vil besparelsen pr biltur bli mindre og nærme seg den bompengesats vi her har forutsatt. Slik sett vil en bompengesats i makstimen på 30 kr ligge nokså nær det som er den faktiske kostnad for en ekstra biltur.

Noen av de samfunnsøkonomiske konsekvenser av alternativene er presentert i figur 5.3.2. Her har vi kun tatt med hovedpostene i kalkylen. Endringer i driftskostnader for bomselskapet og kollektivselskapene er heller ikke med. De aggregerte årlige verdiene er beregnet ut ifra antall timer pr år de 4 trafikkperiodene tilnærmet representerer. F eks har vi regnet med at morgen- og ettermiddagsrushperiodene i denne analysen opptre ca 230 dager i året. Lavtrafikkperioden midt på dagen opptre 280 dager pr år hvor 25 virkedager om sommeren er inkludert med flate takster i bomsystemenes driftsdøgn. Resten av tiden er regnet som lavtrafikkperioder hvor bomsystemet ikke er i drift.

Figuren viser at inntektene for bomselskapet vil øke dersom man innfører alternativene 1 og 3, som innebærer differensierte takster over dagens bomring. Alternativene 2 og 4 vil gi en svak reduksjon i inntektene sammenliknet med dagens system, som i motsetning til de analyserte systemene er i drift døgnet rundt. Kollektivselskapene vil oppleve en inntektsøkning på 75-175 mill kr pr år avhengig av alternativ. Økningen skyldes trafikanter overført fra bilførerturer. Inntekter som følge eventuelle overførte bilpassasjerer er således ikke inkludert i disse tallene og heller ikke den merinntekt man vil kunne få på grunn av en økning i andre kollektivreiser dersom tilbudet forbedres.

Figur 5.3.2 Samfunnsøkonomisk nytte av alternativene 1-4 (eksl endringer i kostnader for kollektivtrafikk og bomselskap og verdien miljøforbedringer mm)



De trafikanter som overføres til kollektivtransport eller til andre perioder vil oppleve et nyttetap som følge av at de må endre adferd. Størrelsen på dette tapet avhenger av totalt antall trafikanter som berøres, antall trafikanter som endrer adferd og differansen i bompengetakstene før og etter tiltaket. I Figur 5.3.2 ser vi at det samfunnsøkonomiske tapet er størst ved innføring av alternativene 1 og 3.

De gjenværende trafikantene vil, som vi har vært inne på tidligere, oppleve en nyttegevinst som følge av bedre fremkommelighet i veinettet. Denne gevinsten er sammensatt av reduksjoner i driftskostnader (drivstoff forbruk, slitasje, mm) og verdien av redusert reisetid. I beregningene er tidsverdien for persontrafikk satt til kr 36.- pr time. Tilsvarende verdier for nærings- og tungtrafikk er hhv satt til 60.- og 108.- kr pr time. Som det fremgår av figuren gir de to alternativene som innebærer differensierte takster over dagens bomring størst utslag på denne posten i kalkylen.

Den absolutt største posten i regnestykket er knyttet til innføring av et bedre kollektivtilbud. Hovedtyngden av denne gevinsten er skyldes forbedringen for de trafikanter som allerede reiser kollektivt når tiltaket innføres. Figuren viser at gevinsten ved dette tiltaket, som i sin helhet innebærer økte frekvenser, beløper seg til omlag 450 mill kr pr år. Vi har ikke vurdert om dette sammen med de økte trafikkinntekter er tilstrekkelig for å dekke de økte driftsutgiftene. Siden gevinsten for kollektivtrafikantene gjelder verdien av tidsbesparelser og ikke representerer noen inntekt for kollektivselskapene, er det imidlertid helt klart at en tilbudsøkning som her er forutsatt krever økte tilskudd til kollektivtrafikken.

Når alle postene summeres ser vi at samtlige alternativer kommer positivt ut fra et samfunnsøkonomisk synspunkt. Dette er imidlertid før kostnadskomponentene, som i hovedsak består av endrede driftskostnader for bom- og kollektivselskapene, er vurdert. Når det gjelder tiltakene som innebærer bruk av dagens bomring vil det dreie seg om en netto reduksjon i driftskostnader, siden systemet bare er i drift i 12 timer i døgnet på virkedager. Driftsbesparelsen på bakgrunn av dette vil høyst sannsynlig oppveie kapitalkostnadene ved eventuell nødvendig investering i ny teknologi for avgiftsinnkreving. Endringene i driftskostnader for det utvidede bomsystemet er imidlertid mer problematisk å antyde retningen på, i og med at et uvisst antall nye stasjoner må opprettes, men bare betjenes 12 timer i døgnet på virkedager.

Driftskostnadene for kollektivselskapene vil øke som følge av det bedrede kollektivsystemet. Som nevnt har vi heller ikke regnet spesielt på dette i denne analysen. Økt tilbud i rushtiden vil kreve mer materiell og også øke driftskostnadene. Hovedtyngden av økningene i driftskostnader vil imidlertid skyldes økt tilbud i lavtrafikkperiodene, men her kan man redusere kapasiteten pr ruteavgang i forhold til dagens praksis.



## 6 Konklusjoner

Differensierte bompengesatser representerer alene eller i kombinasjon med styrket kollektivtilbud et kostnadseffektivt tiltak for å redusere luftforurensingen fra biltrafikk i de sentrale deler av Oslo. Ved å øke takstene i rushtiden oppnår man reduserte avgassutslipp i de perioder hvor konsentrasjonene av luftforurensing er størst. Drivstofforbruket reduseres prosentvis mer enn trafikken fordi avviklingsforholdene for den trafikk som blir igjen forbedres. Bedre trafikkavvikling representerer også en samfunnsmessige besparelse i form av reduserte tids- og kjørekostnader for den trafikk som blir igjen i veisystemet.

Disse besparelser er normalt ikke store nok til å kompensere rushtrafikantene for de økte utgifter til bompenger i rushtiden. Økningen i trafikantenes utgifter vil imidlertid motsvares av økte inntekter for bompengesystemet, noe som tillater reduserte avgifter ellers. Selv om vi ikke har «truffet» slik at bompengeinntektene totalt sett holdes konstante for de alternativer vi har regnet på her, så er en slik omfordeling mellom rushtrafikk og annen trafikk i prinsippet mulig. For biltrafikantene totalt skulle man derfor kunne få en gevinst som motsvarer reduserte tids- og kjørekostnader i rushtiden. Totalt sett vil biltrafikantene da ikke betale mer enn nå, men man oppnår at bilturer som samfunnsmessig koster mye også en «pris» som ligger nær det turen faktisk koster.

Et kraftig forbedret kollektivtilbud i tillegg til differensierte bompengesatser gir ytterligere reduksjon i biltrafikken, men (som ventet) ikke mye i forhold til man oppnår med differensiert bompengesatser. Den store gevinst ved forbedret kollektivtilbud er verdien av tidsbesparelser for kollektivtrafikanter som ville reist uansett.

## Referanser

- Bang J & al. 1993  
*Emissions from road traffic in Norway.*  
Statens forurensningstilsyn. Report Nr. 93:02. Oslo
- Plan- og Bygningsetaten. 1995  
Kan vi redusere luftforurensingen ved å redusere parkeringstilbudet på arbeidsplassene. Byutviklingsavdelingen, juli 1995. Oslo
- Gomez- Ibanez J A. and Small K. 1994  
*Road pricing for congestion management: a survey of international practice.* NCHRP Synthesis 210. Transportation Research Board. National Academy Press, Washington D.C.
- Hau, T D. 1992  
*Congestion charging mechanisms for roads: An evaluation of current practice.* Working Papers WPS 1071. Infrastructure and Urban Development Department, World Bank, Washington D.C.
- Larsen O I og Nielsen G. 1989  
*Samfunnsøkonomi og privatøkonomi i bytrafikk* Transportøkonomisk institutt, Oslo. TØI notat 0901/1989.
- Larsen O I. 1993  
*Samfunnsnytte av tilskudd til kollektivtrafikk* Transportøkonomisk institutt, Oslo. TØI rapport 208/1993. ISBN 82-7133-837-4.
- Rideng A. 1994  
*Transportytelser i Norge 1946-1994.* Transportøkonomisk institutt, Oslo. TØI rapport 303/1994, ISBN 82-7133-944-3.
- Torp C. 1994  
*Måling av nitrogenoksyder og svevestøv ved fire sterkt trafikkerte veier i Oslo, vinteren 1993/94.* Statens vegvesen, Oslo og Norsk institutt for luftforskning, Oslo. NILU OR 59/94 Revidert utgave. ISBN 82-425-0615-9
- Statistisk Sentralbyrå. 1995  
*Naturressurser og miljø 1995.*



## Hovedtrekk i modellopplegg og forutsetninger

### A. Transportmodellen

Modellsystemet OLUF, som er utarbeidet i forbindelse med dette prosjektet, består 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.

OLUF er et kortsiktig modellsystem. OD-mønstrene i de ulike periodene er eksogene størrelser i modellen. Lokalisering av hushold, arbeidsplasser og aktiviteter, turgenerering og destinasjonsvalg er ikke modellert. Modellene beskriver trafikkantenes valg av reisemiddel og reiserute. I hver delmodell beregnes det en likevektssituasjon som er karakterisert ved at ingen av trafikkantene ønsker å endre sine valg av reisemiddel og reiserute. Det er ingen koblinger mellom delmodellene. Trafikkanter som reiser i en rushperiode kan altså ikke velge å reise i en lavtrafikkperiode.

Modellene 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 størst nytte.

I OLUF-modellene har vi antatt at den systematiske delen av nytten for bilalternativet kan skrives

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

hvor  $k_{\text{bil}}^t$  er en alternativspesifikk konstant som fanger opp alle ikke-spesifiserte komponenter i den målbare nytten. Vi ser at nytten, eller mer korrekt, ulempen forbundet med valgalternativene i vårt tilfelle er en funksjon av de generaliserte kostnadene for alternativene pluss den alternativspesifikke konstanten.

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.

Den systematiske delen av nytten for kollektivalternativet kan skrives

$$V_{koll} = -k_{pt} - 0.03 (\text{kjøretid}) - 0.05 (\text{takst}) - 0.06 (\text{ventetid}) - 0.06 (\text{gangtid}) - 0.15 (\text{antall bytter})$$

Her er toppskriften for timesintervall utelatt fordi vi antar konstant kollektivtilbud i rushperiodene. Nyttien 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 rushtime  $t$  (makstimen) som en funksjon av forskjellene i generaliserte kostnader for bil i periode  $t$  og de tre andre spesifiserte alternativene i rushet. En tilsvarende funksjon er spesifisert for hvert alternativ.

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

Den totale etterspørselen er som nevnt eksogent gitt i modellsystemet i form av OD-matriser. En del av etterspørselen lar vi imidlertid variere mellom alternativene. For alle valgalternativ skiller vi mellom etterspørsel som uelastisk eller «bundet» til det konkrete alternativ og etterspørsel som er elastisk, som kan 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 veisystemet. Den gjenværende etterspørsel velger mellom alternativene.

Beregningene er i sin helhet gjennomført innenfor EMME/2-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 likevekstsituasjon 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 over. 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. Tabell A.1 viser resultatene fra kalibreringen.

Tabell A.1 Resultater fra modellkalibrering

	alternativ spesifikk parameter	Estimerte utgangsmatriser			Kalibrerte matriser		Differanser	
		Etterspørsel			Etterspørsel			
		total	elastisk	% elastisk	total	elastisk	diff	diff %
<b>Morgen</b>								
b0	-0.43	57507	39239	68 %	57486	39219	-20	-0.05 %
b1	0.00	81968	55891	68 %	81961	55844	-47	-0.08 %
b2	-0.31	64206	43740	68 %	63926	43460	-280	-0.64 %
koll 3t	1.58	116261	74836	64 %	116568	75143	307	0.41 %
sum		319942	213706	67 %	319941	213666	-40	-0.02 %
<b>Ettermiddag</b>								
b0	-0.17	125338	84881	68 %	124888	84873	-8	-0.01 %
b1	0.00	139265	94313	68 %	140017	94271	-42	-0.04 %
b2	-0.26	118375	80166	68 %	117289	80063	-103	-0.13 %
koll 3t	0.66	94725	60777	64 %	95509	60818	41	0.07 %
sum		477703	320137	67 %	477703	320025	-112	-0.03 %
<b>Dag</b>								
bil	0.00	78773	49260	63 %	78737	49224	-36	-0.07 %
koll	-0.18	15047	7868	52 %	15083	7904	36	0.46 %
sum		93820	57128	61 %	93820	57128	0	0.00 %
<b>Kveld</b>								
bil	0.00	38633	31606	82 %	38611	31584	-22	-0.07 %
koll	-0.68	6017	2553	42 %	6040	2576	23	0.90 %
sum		44650	34159	77 %	44651	34160	1	0.00 %

I tråd med teorien er en av konstantene normalisert til null for hver modell.

## B Drivstoffmodellen

De ulike transportnettene i Oslo og Akershus er kodet i databanken i EMME/2-systemet. Området er delt inn i 405 trafikksoner som er knyttet sammen av en forenklet representasjon av områdets veier og kollektivruter. Veinettet består av et visst antall lenker mellom noder som representerer veikryss. Veilenkene er tilknyttet en funksjon som beskriver sammenhengen mellom trafikkvolum og tidsbruk på lenken. Store trafikkvolumer gir lange reisetider og lav hastighet.

Systemet har en kalkulator som muliggjør ulike typer beregninger på lenkenivå. Denne er benyttet til å beregne drivstoff forbruket på hver enkelt lenke i veinettet. Formelen som er benyttet til dette kan skrives

$$D_i = 0.8 X_i ( 1.25 ( v_i/60 + 60/v_i ) -1.5 )$$

hvor  $X_i$  er trafikkvolumet på lenke  $i$ , og  $v_i$  er hastigheten. Formelen gir den sammenhengen mellom drivstoff forbruk og hastighet som er vist i diagram 4.3.2.

## C Samfunnsøkonomiske kalkyler

Kalkylene som er gjennomført i denne analysen for biltrafikken illustreres i diagram C.1 under. Diagrammet gir en stilisert og forenklet fremstilling av de samfunnsøkonomiske aspekter tilknyttet trafikksituasjonen i rushperiodene før bomringen ble innført, ny tilpasning ved innføring av avgiftssystemet og ny tilpasning ved innføring av et system med differensierte takster. Langs x-aksen måles antall biler, mens de generaliserte kostnadene måles langs y-aksen. Den tykke fallende linjen representerer etterspørsels-strukturen og den stigende krumme kurven angir tidskostnadene, som øker med trafikkvolumet.

Før innføringen av dagens bomring var likevekten i Aa. Når bomringen ble innført med en avgift på  $b_1$ - $b_2$ , ble trafikkvolumet redusert noe fra A til B. Et utvidet bompengesystem med en avgift på  $c_1$ - $c_2$  vil redusere trafikkvolumet ytterligere til C.

Endringen i inntekter for bomselskapet fra B til C er gitt ved  $(c_1 C - b_1 B)$ . Dette vil gi et samfunnsøkonomisk tap for den trafikken som forsvinner som tilnærmet er lik  $(B + C)(c_1 - b_1)/2$ . Den trafikken som er igjen vil oppleve bedre fremkommelighet. Verdien av dette er gitt ved  $(C + B)(b_2 - c_2)/2$ .

For kollektivselskapene økningen i inntekter gitt ved overført biltrafikk multiplisert med gjennomsnittsprisen for kollektivreiser på de aktuelle relasjoner. Nyttan forbundet med bedre kollektivtilbud er gitt ved reduksjonen i generaliserte kostnader multiplisert med trafikkvolumet.

Diagr. C1 Skjematisk fremstilling av likevektssituasjonen ved endringer i bompenger

