

# Optimal transportpolitikk med og uten skyggepris på offentlige midler.

## -Noen numeriske eksempler

Forskningsleder Odd I Larsen, Transportøkonomisk institutt, Oslo

### 1. Kriterier for optimal transportpolitikk

Et begrep som ”optimal transportpolitikk” må referere seg til en veldefinert målfunksjon som skal maksimeres, eventuelt under visse bibetingelser. Hva som skal inngå i en slik målfunksjon kan selvsagt diskuteres. Her skal vi bruke et tradisjonelt økonomisk utgangspunkt som er konsistent med prinsippene for nytte-kostnad analyser.

Målfunksjonen blir da hva vi kan kalle sosialt overskudd og i forbindelse med et transportsystem kan vi definere sosialt overskudd (SO) som:

***SO = (trafikanntytte) - (systemkostnader) - (miljø-og ulykkeskostnader) - (kostnader ved tiltak for å redusere miljø- og ulykkeskostnader)***

I noen sammenhenger kan det også være relevant å trekke parkering og parkeringspolitikk inn i målfunksjonen. Da får vi med inntekt av parkeringsavgifter, trafikantenenes ressursbruk ved parkering, kostnader for parkeringsanlegg og eventuelt omgivelsenes ulemper ved parkerte biler.

Maksimering av en slik partiell målfunksjon for samfunnets velferd gir to kjente betingelser:

- prising etter sosial marginalkostnad og
- forbedring av transporttilbudet så lenge nytten av forbedringen er større enn kostnaden.

Til dette kan vi også legge en betingelse om at miljø- og trafikksikkerhetstiltak skal gjennomføres så lenge nytten er større enn kostnaden. Målfunksjonen ovenfor inneholder ikke argumenter som har med inntektsfordelingen å gjøre. Dette kan begrunnes på to måter:

1. Velferdsfordelingen er i utgangspunktet «riktig» og de tiltak vi vurderer medfører bare marginale endringer i forhold til dette, eller
2. Hvis vi gjennomfører tiltak som anses for å ha uheldige fordelingspolitiske konsekvenser så har det offentlige andre virkemidler som vil brukes til å motvirke dette.

I det følgende ser vi derfor også se bort fra fordelingsmessige aspekter.

Hvis vi fører en politikk som tilfredsstill kriteriene ovenfor får vi en såkalt 1. best løsning. Denne løsning kan på sett og vis betraktes som en referanse som andre - og kanskje mer realistiske - alternativer kan vurderes mot.

Ulike «nest-best» løsninger får man hvis man av ulike grunner ikke fører en politikk som tilfredsstill de kriterier som er nevnt ovenfor på alle områder. Et problem man her ikke kommer utenom er at man har et generelt skatte- og avgiftssystem som medfører ulike former for vridninger i økonomien. Konsekvensen av dette er at offentlige midler har en «pris» og dette har relativt umiddelbare konsekvenser for hva som er en «optimal» transportpolitikk. I

tilknytning til en partiell målfunksjon som ovenfor må vi da «henge på» et ekstra ledd som tar hensyn til offentlige netto-utgifter i tilknytning til transportsystemet.

Det vanligste «nest - best» problem skyldes at man «underpriser» biltrafikk. Dette er tilfelle hvis bilkjøring ikke er pålagt avgifter som dekker de eksterne miljø- og ulykkeskostnader ved den enkelte biltur eller hvis man ikke har avgifter som dekker de køkostnader som en ekstra bil i systemet påfører den øvrige trafikk. En ”optimal” politikk gitt at man underpriser biltrafikk vil innebære at virkningen av underpriset biltrafikk skal motvirkes ved at man også underpriser kollektivtrafikk og eventuelt ”overpriser” parkering. Vi får da en nest-best løsning som innebærer at kollektivtrafikken skal ha større offentlige tilskudd.

I dette notat skal vi maksimere en målfunksjon som angitt ovenfor for noen relativt enkle situasjoner og med noen ulike former for bibetingelser. En bibetingelse som i alle tilfeller skal oppfylles er at de optimale løsninger også skal være likevektsløsninger. Dette krav er særlig viktig å oppfylle når det er tale om systemer med kø- og kapasitetsproblemer slik som man tidvis har i bytrafikk og som vi her skal behandle.

Offentlige virkemidler som målfunksjonen skal maksimeres med hensyn på er :

- Takster for kollektivtrafikk
- Frekvens på kollektivbud
- Priser for bilkjøring (road pricing)

## **2: Eksempel med 1 times rushtrafikk mellom forsted og bysentrum.**

Dette er basert på Larsen (1997) hvor også de numeriske forutsetninger er detaljert beskrevet. Vi betrakter et forsted som ligger 15 km fra et bysentrum. I løpet av én time på morgenen skal det foretas 4500 reiser fra forstedet. De reisende har tre valgmuligheter. De kan kjøre bil eller reise kollektivt til bysentret eller de kan reise til en annen (uspesifisert) destinasjon med en gitt attraktivitet og et gitt transporttilbud. Dette kan betraktes som en situasjon hvor vi fanger opp en del av de tilpasninger som kan skje på kort og mellomlang sikt hvis man endrer transportpolitikken, folk kan skifte reisemåte og/eller arbeidssted.

For å tilpasse eksemplet til norske forhold forutsetter vi at avgifter på biler og drivstoff er slik at man har internalisert de marginale miljø- og ulykkeskostnader. Vi kan derfor i målfunksjon og modell se bort fra disse kostnader. Likedan forutsetter vi at bilistene betaler de samfunnsmessige kostnader ved parkering og vi ser også bort fra gang- og sykkeltrafikk på grunn av avstanden.

Etterspørselen modelleres ved en logit-modell for reisemiddel- og destinasjonsvalg.

Nyttefunksjonen for bil avhenger lineært av kjøretid og reiseutgifter (1 kr pr km + eventuell køavgift). Nyttefunksjonen for kollektivreiser avhenger av reisetid, frekvens og takst. Implisitt tidskostnad er 48 kr pr time for bilreiser og 42 kr pr time for kollektivreiser. I tillegg inneholder modellen en konstant for den alternative destinasjon. Logsummen fra denne modell, dividert med koeffesienten for kostnader i reisemiddelvalgmodellen, vil da være et mål på trafikantoverskudd (målt i penger) på en additativ konstant nær. Denne vilkårlige konstant spiller ingen rolle så lenge vi bare ser på differensen mellom ulike løsninger.

For kollektivtilbudet har vi en kostnadsfunksjon som avhenger av antall vogner i trafikk, frekvens, kapasitet pr avgang og antall reiser. For biltrafikken har vi en forsinkelsesfunksjon som avhenger av vegkapasitet og antall biler pr time.

Tabell 1: «Optimal» transportpolitikk i basisalternativet med variabel totaltrafikk. Veikapasitet (i én retning) = 1600 biler/time. Kjørehastigheten for kollektivtrafikk er gitt (40 km/t) og upåvirket av biltrafikken.

	1	Skyggepris=0		Skyggepris=0,25	
		Køprising	Ikke kjøprising	Køprising	Ikke kjøprising
		2	3	4	5
<b>Virkemidler:</b>					
Køpris	(kr/bil)	27,40	0	35,90	0
Kollektivtakst	(kr/reise)	15,20	-5,70	26,90	7,10
Frekvens	(avganger/tim)	20,0	22,6	17,4	19,7
e)					
Kapasitet pr ruteavg.	(plasser)	123	138	107	121
<b>Politikkvurdering:</b>					
Overskudd <sup>1)</sup>	(kr/time)	115000+I	104300+I	100600+I	75800+I
Nytte av kjøprising <sup>2)</sup>	(kr/time)	10700		24800	
<b>Transportkvalitet:<sup>3)</sup></b>					
Kjøretid bil	(min/reise)	28,3	36,7	26,9	42,9
Kjøretid koll.traf.(min/reise)		22,5	22,5	22,5	22,5
<b>Reiser:</b>					
Totalt ant.reiser	(reiser/time)	3000	3711	2576	3444
Kollektivandel	(%)	49,1	50,5	43,2	41,4
<b>Økonomi:</b>					
Kollektivkost	(kr/time)	37100	45100	29800	36200
Trafikkinntekt	(kr/time)	22400	-10700	30000	10100
Tilskuddsbehov	(kr/time)	14700	55800	-200	26200
Tilskuddsandel	(%)	39,6	123,8	-0,8	72,2
Køinntekt	(kr/time)	41800	0	52400	0
Netto offentlig sektor	(kr/time)	27100	-55800	52600	-26200

1) «I» benyttes her om en uspesifisert inntekt som trafikantene har av reisen. Overskuddet er trafikantenes «overskudd» + trafikk- og køinntekt - kollektivkostnad. Med skyggepris på 0,25 vektet trafikantnyttens med 0,8 (1/1,25) og dette påvirker generelt nivået på overskuddet. 2) Forskjell i overskudd med og uten kjøprising. 3) Frekvens på kollektivtilbud må også inngå i vurdering av transportkvalitet.

I modellen får vi to bibetingelser. Den ene skal garantere at kollektivtilbudet alltid har tilstrekkelig kapasitet og den andre er en likevektsbetingelse som sørger for at kjøretiden for bilistene er den samme som man får fra forsinkelsesfunksjonen i likevektsløsningen.

Vi forutsetter at offentlige midler har en skyggepris ("cost of public funds") på 0,25.

De offentlige virkemidler blir her kjøpris, kollektivtakst, frekvens på kollektivtilbudet og kapasitet pr ruteavgang. Tabell 1 viser den optimale løsning med og uten skyggepris på offentlige midler og den optimale løsning med skyggepris hhv med og uten kjøprising.

Kolonne 2 gir her den løsning som tradisjonelt har vært definert som "1. best". Bilister og kollektivtrafikanter betaler marginalkostnaden og kollektivtilbudet dimensjoneres slik at nytte = kostnad for den marginale forbedring. Vi kan merke oss at kollektivtrafikkens tilskuddsandel er nærmere 40 % og dette er i overensstemmelse med teorien. Den offentlige sektor får imidlertid et "overskudd" på grunn av inntektene fra kjøprising. "Kjøprisen" for biltrafikk ligger nær de estimer vi har for marginale køkostnader i rushtiden i Oslo-området.

Hvis vi ikke regner med en skyggepris på offentlige midler får en "nest-bets" løsning når vi ikke har kjøprising relativt store implikasjoner. Kollektivtrafikantene skal da faktisk få betalt for å reise kollektivt og det offentlige går fra overskudd til et stort underskudd.

Den situasjon vi har i de fleste større byer ligger nok nærmest resultatene i kolonne 5. Vi får her en tilskuddsandel som er over 72 %, men vi må her ta hensyn til at denne tilskuddsandel egentlig gjelder for den marginal innsats i rushtiden.

"Nytten" av å innføre "optimal" kjøprising vil kan beregnes som forskjellen mellom sosialt overskudd i kolonne 4 og 5. Her har vi ikke tatt hensyn til at det selvsagt er kostnader forbundet med å etablere og drive et system for kjøprising.

Vi ser at nytten av kjøprising er vesentlig større når vi har en skyggepris på offentlige midler. Hvis vi antar at dette eksempel er representativt for ett kjørefelt på en innfartsvei vil eksemplet innebære at innføring av kjøprising i en by som Oslo kan gi en samfunnsmessig gevinst av størrelsesorden 300-350 Mill kr pr år. Gevinsten blir vesentlig mindre hvis vi ikke foretar en samtidig tilpasning når det gjelder kollektivtakster og kollektivtilbud. Siden overgang til kjøprising medfører vesentlig høyere kollektivtakster og dårligere frekvens på kollektivtilbudet i en ny likevektsituasjon så vil trafikantene totalt sett komme vesentlige dårligere ut dersom det innføres kjøprising. "Vinneren" er den offentlige sektor hvor resultatet snus fra et underskudd på 26200 kr til et overskudd på 52600 kr.

Både med og uten skyggepris på offentlige midler ser vi at "nest-best" løsningen når vi ikke har kjøprising innebærer vesentlig høyere totaletterspørsel for reiser til bysentret. Nest-best løsningene innebære jo at alle lange sentrumsrettede reiser blir sterkt underpriset.

Denne enkle og ekstremt stiliserte modell kan også brukes til å illustrere ulike tiltak og kombinasjoner av tiltak som gjelder infrastrukturen i transportsystemet. I denne sammenheng har vi som 0-alternativ valgt en situasjon uten kjøprising og hvor kollektivtrafikken (busser) ikke har egne kjørefelt, men får samme forsinkelse i bilkøer som bilene. 0-alternativet er optimalisert mhp kollektivtakst, frekvens og kapasitet pr ruteavgang. Skyggeprisen på offentlige midler er satt til 0,25.

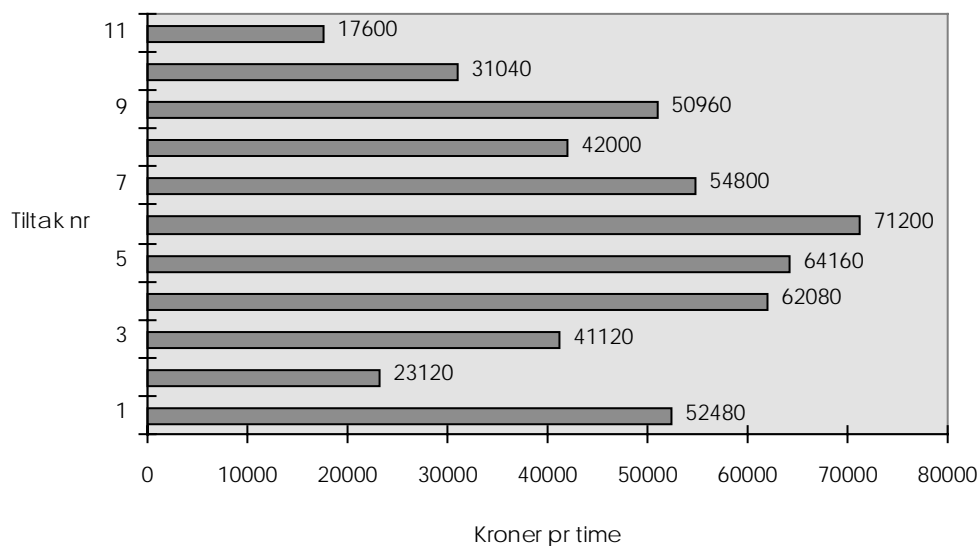
Nytten av ulike tiltak kan som ovenfor beregnes som endring i målfunksjon når vi optimaliserer med tiltaket gjennomført. Vi tar ikke hensyn til at alle tiltak vil ha en gjennomføringskostnad når vi beregner endring i sosialt overskudd. Dette skyldes for det første ett gitt tiltak kan ha svært forskjellige kostnader avhengig av hvor det gjennomføres i et byområde. Det kan også være problematisk å relatere gjennomføringskostnader til én times rushtid.

I forhold til 0-alternativet introduserer vi følgende tiltak hvor vi samtidig tilpasser de øvrige virkemidler optimalt til den nye situasjon:

Nr	Tiltak:
1	Køprising, alene
2	Veikapasitet +25%, alene
3	Kollektivfelt (50 km/t), alene
4	Køprising og veikapasitet + 25%
5	Køprising+kollektivfelt
6	Køprising+kollektivfelt og veikapasitet + 25 %
7	Køprising+kollektivfelt og veikapasitet - 25 %
8	Køprising+kollektivfelt og veikapasitet - 50 %
9	Kollektivfelt og veikapasitet + 25 %
10	Kollektivfelt og veikapasitet - 25 %
11	Kollektivfelt og veikapasitet - 50 %

Figur A viser økning i sosialt overskudd i forhold til 0-alternativet.

Figur A: Nytt av et utvalg tiltak i forhold til basisalternativet



Køprising (1) er det enkelttiltak som gir størst nytte. Nytt av kjøprising er her vesentlig større enn i Tabell A hvor det er forutsatt at kollektivtrafikken ikke forsinkes av bilkøer slik som i dette tilfellet. Køprising, samt 10 og 11, er av spesiell interesse fordi tiltakskostnadene er forholdsvis moderate. Tiltak 10 og 11 betyr at eksisterende veikapasitet (hhv 25 % og 50 %) tas i bruk som kollektivfelt. Begge tiltak har en vesentlig nytteeffekt om de gjennomføres

alene. Med køprising (7 og 8) gir 10 fortsatt en liten nytteeffekt (7 minus 1), mens 11 kommer negativt ut (8 minus 1).

Sammenholder vi 1, 2 og 4 ser vi at en økning av veikapasiteten med 25 % isolert har en nytte-effekt på 23120 kr, men at nytte-effekten av kapasitetsøkningen synker til 9600 kr hvis vi har køprising (4 minus 1). I det hele tatt er det relativt stor avhengighet mellom nytten av ulike tiltak. Dette illustrerer faren ved regne isolert på ett og ett tiltak når man skal vurdere transportpolitikk i byer.

På den annen side er det heller ikke tilstrekkelig å sette sammen en pakke av tiltak og regne på denne. For det kombinerte tiltak 6 som gir størst samlet nytte på 71200 kr vil det være f eks være slik at økt veikapasitet og kollektivfelt til sammen bare gir 18720 kr hvis man innfører køprising, mens nytten av køprising synker dramatisk hvis man allerede har økt veikapasitet og har etablert kollektivfelt.

### 3: Eksempel med forskyvning mellom delperioder i rushtiden

Eksempel 2 løser litt på en av de restriktive forutsetninger i Eksempel 1. Spesielt når det gjelder prising er et argument at man kan spre trafikken i rushtiden mer. Det er ikke bare et poeng at biltrafikken totalt sett bør reduseres. Man får isolert sett en gevinst også hvis trafikktoppene utjevnes. Dette kan vi gjøre ved å benytte samme modell som ovenfor, men utvide denne til en rushperiode på 2 timer og 30 minutter inndelt i 5 delintervaller á 30 minutter. Dette kan vi gjøre ved å introdusere periodespesifikke konstanter i logit-modellen som gir uttrykk for "rene" preferenser mht tidsintervall for reisen. Kombinasjonen av mode- og periodekonstanter gir en fordeling av reiser som vist i Tabell 2.

De «rene» preferenser gir altså som resultat at 62.4 % at reisene vil bli foretatt i «makstimen» (periode 3+4) og totalt ville 66.5 % av reisene i morgenrushet gå med bil. For «makstimen» ville man få en kollektivandel på 1/3. Den faktiske fordeling vil i større eller mindre grad avvike fra dette avhengig av reisetider med bil, kjørekostnader, kjøpriser og kollektivtakster samt frekvensen på kollektivtilbudet i de forskjellige perioder og fremføringstid.

Tabell 2: Prosentfordeling av reiser implisitt i de «rene» preferanser for reisetidspunkt og reisemåte.

Periode /Reisemåte	Bil	Kollektivt	Sum
1	3.3	1.2	4.5
2	6.6	2.4	9.1
3	18.3	6.7	25.0
4	23.3	14.1	37.4
5	15.0	9.1	24.0
Sum	66.5	33.5	100.0

Totalt antall reiser som foretas fra forstedet i løpet av disse 5 periode á 30 minutter forutsetter vi er 9000 i referensealternativet. Vi kalibrerer en konstant for det alternative reisemål som gjør at ca 5500 reiser eller 61 % går til bysenteret i en «1. best situasjon». Forøvrig er parametre i logit-modellen identisk med dem som ble benyttet i eksempel 1 og som er hentet fra Larsen (1997).

Antall valgalternativer blir nå 11 ( 2 reisemåter x 5 perioder + alternativ destinasjon). Problemet med å finne likevektsløsninger blir nå mer komplisert og det samme gjelder optimalisering av kollektivtilbudet siden vognbehovet vil kritisk avheng av frekvensen i de ulike delperioder. Etterspørselen er skalert slikt at den blir mest mulig sammenlignbart med eksempel 1 når det gjelder trafikk i den maksimalt trafikerte time (sum av 2 påfølgende halvtimesintervaller).

### 3.1 Beste løsning uten skyggepris på offentlige midler.

Antall offentlige virkemidler øker fra 3 til 16 (5 kjøpriser, 5 kollektivtakster, 5 frekvenser og kapasitet pr ruteavgang). Den optimale løsning uten skyggepris på offentlige midler gir når følgende verdier for kjøpriser, takster og frekvenser.

Tabell 3.: *Optimale verdier på policy-variable uten skyggepris på offentlige midler*

Periode	Kjøpris, kr pr bil	Kollektivtakst, kr pr reise	Frekvens, avg pr 30 minutter	Kjøretid minutter <sup>1)</sup>	bil,
1	2.20	1.00	11.1	16.8	
2	7.60	1.00	13.7	19.4	
3	19.60	4.00	14.3	25.0	
4	23.00	20.40	16.3	26.6	
5	16.90	11.70	14.2	23.8	

Kapasitet pr avgang: 83.2 plasser 1) Bestemt i likevekt

Et påfallende trekk ved den optimale løsning er altså at frekvensen blir forholdsvis jevn i alle 5 perioder selv om trafikken varierer forholdsvis mye. Vognbehovet er beregnet til 32.9 og i gjennomsnitt klarer disse enheter 2.1 turer mellom forsted og bysenter i løpet av perioden på 2.5 timer. I motsetning til det som er tilfellet når man bare ser på én times russtrafikk isolert, så blir turnustiden en vesentlig viktigere faktor når vi utvider det tidsintervall som betraktes.

Hvis vi sammenlikner Tabell 3 med kolonne 2 i Tabell 1 ser vi at at summen antall ruteavganger for periode 3 og 4 blir 30,6, dvs 50 % høyere enn i Tabell 1. Samtidig blir kollektivtaksten i maksperioden høyere enn i Tabell 1. Mekanismene bak dette er at det er en fast kostnad pr buss som settes i trafikk. Når denne kostnad kan fordeles på 2 eller flere ruteavganger koster det mindre å tilby høyere frekvens.

Kostnadsstrukturen er for øvrig den samme som i eksempel 1, men marginalkostnaden (taksten) i periode 4 som dimensjonerer kapasitetsbehovet blir høyere enn i Tabell 1 fordi den kapasitet man trenger i periode 4 også trekkes med på ruteavganger i periode 1 og 2 hvor man ikke trenger den. Kollektivreisende i periode 4 må altså også betale for "unødige" plasskm på ruteavganger i periode 1 og 2.

Vi får for øvrig en relativt dramatisk differensiering av kollektivtakstene som er sterkere enn de man har når det gjelder kjøprising. Denne takstdifferensiering motvirker det forhold vi ellers har tendens til i kollektivtrafikken, nemlig at vi får høyest frekvens i den periode som har størst etterspørsel og dette fører igjen til økt etterspørsel og høyere frekvens osv.

I timen med maksimal trafikk (periode 3+4) er det 2930 reiser til bysentret. Dette er tilnærmet det samme som for eksempel 1 ovenfor hvor antall reiser med «optimal transportpolitikk» var 3000.

Tabell 4: *Fordeling av reiser til bysentret. Prosent*

Periode	Bil	Kollektiv	Totalt	Kollektivandel	Kapasitetsutnyttelse.
1	5.9	2.4	8.3	29.0	14.4
2	8.7	5.2	14.0	37.5	25.4
3	12.4	13.0	25.3	51.1	60.0
4	13.1	14.7	27.8	52.9	60.0
5	11.7	12.8	24.6	52.2	60.0
Sum	51.8	48.2	100.0	48.2	

Totalt antall reiser fra forsted til bysenter =5518 (61.3%)

Tabell 5. *Økonomisk resultat. Optimal politikk uten skyggepris på offentlige midler*

	1000 kr
Offentlig økonomi:	
Kollektivsystemkostnad	52.2
Trafikkinntekt	28.2
Køinntekt	45.4
Netto off. sektor	21.5
Sosialt overskudd:	I+55.5

Økonomien i den «optimale» situasjon er vist i Tabell 5. Kollektivsystemet får en tilskuddsandel på 45.8 % for denne trafikk. Køinntekten gjør imidlertid at det offentlige går med overskudd. Sosialt overskudd blir 55.5 tusen kroner + en vilkårlig konstant (I) som er konstant mellom ulike alternativer.

Resultatene over tilsvarende den transportpolitikk som vanligvis betegnes som «1. best» (jfr Larsen og Minken, 1997). Ingen restriksjoner er lagt på transportpolitikken og overføringer mellom privat og offentlig sektor er kostnadsfrie. Realistisk sett bør man imidlertid, som et minimum, regne med en skyggepris på offentlige midler på grunn av de skjevheter som introduseres i økonomien av et skattesystem. Dette skal vi gjøre i det følgende.

### 3.2 Beste løsning med skyggepris på offentlige midler og ingen restriksjoner

Realistisk sett bør vi imidlertid operere med en skyggepris på offentlige midler. I det følgende er denne satt til 0,25 som i eksempel 1. En skyggepris på offentlige midler er ekvivalent med en vekt på trafikantnytte som er 0,8 (1/1,25) i forhold til finansielle inntekter og kostnader.

Tabell 6 viser den optimale verdi på virkemidlene når man opererer med en skyggepris på 0,25 og maksimerer sosialt overskudd.

Som man må regne med, innebærer en skyggepris på offentlige midler at både kjøpriser og kollektivtakster øker forholdsvis dramatisk. Det fører også til redusert frekvens for kollektiv-



tilbudet, men fremdeles er frekvensen forbausende jevnt fordelt på perioder. De økte priser medfører lavere etterspørsel.

Tabell 6: *Optimale verdier på policy-variable med skyggepris på offentlige midler lik 0.25. Optimal prising uten restriksjoner.*

Periode	Køpris, kr pr bil	Kollektivtakst, kr pr reise	Frekvens, avg pr 30 minutter	Kjøretid minutter <sup>1)</sup>	bil,
1	12.50	11.30	10.2	16.3	
2	16.60	11.30	12.6	18.4	
3	27.60	15.10	12.3	23.7	
4	31.80	31.40	14.2	25.2	
5	25.00	22.50	12.4	22.5	

Kapasitet pr avgang: 72.0 plasser 1) Bestemt i likevekt

Tabell 7 viser effektene på etterspørselen av å operere med en skyggepris som medfører økte priser/takster og lavere frekvens på kollektivtilbudet. Totalt medfører dette at etterspørselen etter reiser til bysentret reduseres med 15,3 %.

Reduksjonen er størst for kollektivreiser slik at kollektivandelen totalt for perioden reduseres fra 48,2 til 43,5 %. Antall bilreiser reduseres bare med 7,8 %. Dette betyr at overføring fra kollektivtrafikk og redusert kjøretid i noen grad kompenserer for økte kjøpriser. Virkningen på den prosentvise fordeling mellom perioder er helt minimal. Effektene på etterspørselen reflekterer også det forhold at vi har stigende gjennomsnittskostnad for biltrafikk og synkende gjennomsnittskostnad for kollektivtrafikk. Når totalletspørselen reduseres går dette utover transportstandarden for kollektivtrafikken i form av redusert frekvens, mens kjøretiden med bil reduseres.

Tabell 7: *Fordeling av reiser til bysentret. Skyggepris på offentlige midler = 0,25. Optimal prising uten restriksjoner. Prosent*

Periode	Bil	Kollektiv	Totalt	Kollektiv-andel	Kapasitets-utnyttelse <sup>1)</sup>
1	5.8	2.2	8.0	27.9	14.1
2	9.2	4.9	14.1	34.6	25.0
3	13.8	11.5	25.3	45.5	60.0
4	14.7	13.3	28.0	47.5	60.0
5	13.0	11.6	24.6	47.1	60.0
Sum	56.5	43.5	100.0	43.5	45.2

Totalt antall reiser fra forsted til bysenter = 4676 (52,0%) 1) Mot bysentret

Tabell 8 viser det økonomiske resultat når man maksimerer sosialt overskudd og samtidig tar hensyn til en skyggepris på offentlige midler som i vårt tilfelle altså er 0,25. Skyggepris på offentlige midler medfører altså at kollektivsystemet vil gå med et lite overskudd og naturlig nok blir nettoresultatet for det offentlige vesentlig forbedert i forhold til Tabell 4.

Tabell 8: Økonomisk resultat. Skyggepris på offentlige midler = 0,25. Optimal prising uten restriksjoner.

	1000 kr
Offentlig økonomi:	
Kollektivsystemkostnad	42.3
Trafikkinntekt	43.6
Køinntekt	64.7
Netto off. sektor	66.0
Sosialt overskudd:	I+54.2

En «optimal» transportpolitikk etter vår definisjon innebærer altså en relativt sterk differensiering av såvel kjøpriser som kollektivtakster over den periode på 2 timer og 30 minutter som vi her betrakter. Teknisk sett er slik differensiering ikke noen umulighet med et elektronisk system for innkreving av kjøavgift og et billetteringssystem for kollektivtrafikken som er tilstrekkelig fleksibelt.

Politisk sett kan imidlertid en «optimal» politikk være problematisk. Dels er kjøprising i seg selv kontroversielt og dels kan man sikkert møte en rekke argumenter mot differensiering av kollektivtakster. Legges det ulike politiske føringer på politikken vil «det beste» man da kan oppnå være de motsvarende «nest best» løsninger hvor disse føringer opptrer som bibetingelse.

Vi skal på følgende alternativer til en ”optimal” politikk:

1. «Beste løsning» gitt at man ikke vil drive kjøprising og tilpasser kollektivtakster og -tilbud optimalt under denne forutsetning.
2. «Beste løsning» gitt at man ikke vil drive kjøprising og gitt at man ikke vil tidsdifferensiere kollektivtakstene.
3. «Beste løsning» gitt at man ikke vil tidsdifferensiere kjøpris og kollektivtakst, men vil operere med en kjøpris og en kollektivtakst som er den samme i alle perioder.

Alternativ 2. ligger nærmest «dagens politikk», men det betyr ikke at den løsning vi finner vil motsvare det takstnivå og kollektivtilbud man får med «dagen politikk». Det er egentlig vanskelig å karakterisere «dagens politikk» siden den ikke er basert på noen klar og operasjonell målsetting.

### 3.3 «Beste politikk» uten kjøprising (1)

Her kan man altså differensiere kollektivtakstene og dimensjonere kollektivtilbudet fritt. Vi regner med at offentlige midler har en skyggepris på 0,25. Tabell 9 gir de optimale kollektivtakster og frekvenser for dette alternativ.

Tabell 9: *Optimale verdier på policy-variable med skyggepris på offentlige midler lik 0.25. Uten kjøprising, men med differensierte kollektivtakster.*

Periode	Kjøpris, kr pr bil	Kollektivtakst, kr pr reise	Frekvens, avg pr 30 minutter	Kjøretid minutter <sup>1)</sup>	bil,
1	0.00	0.00	10.2	16.7	
2	0.00	0.00	13.0	20.8	
3	0.00	3.60	13.1	36.4	
4	0.00	19.60	15.3	41.5	
5	0.00	11.10	13.1	32.5	

Kapasitet pr avgang: 79.0 plasser 1) Bestemt i likevekt

Uten kjøprising skal man altså ha gratis kollektivtrafikk i de to første perioder og en sterk subsidiering av kollektivtaksten i de øvrige perioder i forhold til det beste alternativ. Dette blir altså resultatet når man på en optimal måte skal kompensere for manglende kjøprising.

Tabell 10: *Fordeling av reiser til bysentret. Beste løsning uten kjøprising, men med differensierte kollektivtakster. Prosent*

Periode	Bil	Kollektiv	Totalt	Kollektiv-andel	Kapasitetsutnyttelse <sup>1)</sup>
1	5.2	2.0	7.2	27.2	14.5
2	9.2	4.4	13.6	32.2	25.4
3	15.4	10.4	25.8	40.3	60.0
4	16.6	12.1	28.7	42.2	60.0
5	14.3	10.4	24.7	42.1	60.0
Sum	60.7	39.3	100.0	39.3	45.8

Totalt antall reiser fra forsted til bysenter =5944 (66,0%) 1) Mot bysentret

Den etterspørsel man får er vist i Tabell 10. Totalt øker antall reiser til bysentret med 27 % når man går fra en optimal løsning med kjøprising (Tabell 3.4) til den beste løsning uten kjøprising. Dette skyldes at både bil- og kollektivreiser til bysentret blir privatøkonomisk mye bedre når man fører en «nest-best» politikk og skal kompensere for manglende kjøprising. Kollektivandelen reduseres og rushtiden blir «spissere» med en større andel av trafikken i den time som har maksimal trafikk. Samtidig med økt totaltrafikk får vi lavere kollektivandel slik at antall bilreiser øker med 37 %.

Tabell 11: Økonomisk resultat. Skyggepris på offentlige midler =0,25.  
 Uten kjøprising, men tidsdifferensierte kollektivtakster.

	1000 kr
Offentlig økonomi:	
Kollektivsystemkostnad	46.9
Trafikkinntekt	23.2
Køinntekt	0.0
Netto off. sektor	-23.7
Sosialt overskudd:	I+27.0

Det økonomiske resultat endres betydelig ved en «nest best» løsning som dette. Resultatet for den offentlige sektor endres fra et overskudd på 66 000 kr til et underskudd på 23 700 kr, dvs med 89 700 kr. Tilskuddsandelen for kollektivtrafikken blir 50,5 %.

Det «sosiale overskudd» som er evalueringsgrunnlaget, reduseres med 27 200 kr. For å få et perspektiv på dette kan vi anta at eksemplet er representativt for ett kjørefelt på innfartsveier til Oslo. Er tapet like stort i ettermiddagsrushet får vi 54 400 kr pr virkedag. Med 20 kjørefelt og 230 virkedager gir dette 250 Mill kr pr år i redusert sosial overskudd (eller samfunnsmessig effektivitetstap) i forhold til det beste alternativ, gitt at man ikke vil drive kjøprising.

De optima som beregnes her er ikke særlig skarpt bestemt, jfr Larsen og Minken (1997). I praksis betyr dette at «tapet» er forholdsvis moderat innenfor  $\pm 5-10$  % avvik fra optimale verdier på offentlige virkemidler.

### 3.4 Beste politikk uten kjøprising og takstdifferensiering (2)

Dette ligger som nevnt nærmest opp til dagens politikk. Til forskjell fra alternativet ovenfor gir dette ikke noe økonomisk insentiv til å spre kollektivreisene i tid. Dette vil isolert sett øke etterspørselen og gi et bedre tilbud i de perioder som ellers har størst trafikk og dårligere tilbud i de øvrige perioder.

Den «optimale» kollektivtakst, forutsatt at man ikke skal ha tidsdifferensiering blir altså kr 11.70. I forhold til Tabell 9 ser vi at Tabell 12 gir en vesentlig økning i frekvensen i periode 4, men en reduksjon i frekvensen for de øvrige perioder. Endringene når det gjelder reisetid med bil er marginale i forhold til Tabell 9.

Tabell 12: *Optimale verdier på policy-variable med skyggepris på offentlige midler lik 0.25. Uten kjøprising og med enhetstakst for kollektivtrafikk.*

Periode	Køpris, kr pr bil	Kollektivtakst, kr pr reise	Frekvens, avg pr 30 minutter	Kjøretid minutter <sup>1)</sup>
1	0.00	11.70	9.1	16.7
2	0.00	11.70	12.3	20.9
3	0.00	11.70	10.4	36.5
4	0.00	11.70	21.0	41.6
5	0.00	11.70	10.8	32.6

Kapasitet pr avgang: 87.0 plasser 1) Bestemt i likevekt

Tabell 13 viser etterspørselen for dette alternativ. Totalt antall rushtidsreiser til bysentret blir praktisk talt det samme som med differensierte kollektivtakster (66 %). Totalt blir kollektivandelen litt lavere, men kollektivtrafikken får en vesentlig spissere topp i periode 4 og i denne periode blir også kollektivandelen høyere. Vi kan også observere, f eks i Oslo, at kollektivtrafikken har en spissere topp enn biltrafikken. I tillegg til udifferensierte takster skyldes dette at forskjellen i kollektivtilbud mellom ulike perioder blir forsterket når man ikke driver takstdifferensiering. I en viss forstand får vi en «ond sirkel» som slår ut i kostnadene for kollektivsystemet.

Tabell 13: *Fordeling av reiser til bysentret. Skyggepris på offentlige midler = 0,25. Uten kjøprising og med enhetstakst for kollektivtrafikk. Prosent*

Periode	Bil	Kollektiv	Totalt	Kollektiv-andel	Kapasitets-utnyttelse <sup>1)</sup>
1	5.3	1.2	6.5	18.0	8.8
2	9.3	2.7	12.0	22.6	15.0
3	15.5	6.9	22.4	30.9	45.2
4	16.8	18.4	35.2	52.4	60.0
5	14.4	9.5	23.9	39.7	60.0
Sum	61.3	38.7	100.0	38.7	41.5

Totalt antall reiser fra forsted til bysenter= 5913 (66,0%) 1) Mot bysentret

Det økonomiske resultat blir også noe dårligere som vist i Tabell 14. Tilskuddsandelen for kollektivtrafikken blir nå 49.2 %. Den viktigste grunn til at man kommer dårligere ut enn med differensierte kollektivtakster, er at kostnaden for kollektivbetjening blir høyere når trafikktoppen blir spissere. I forhold til alternativet med differensierte kollektivtakster er imidlertid det samfunnsøkonomiske resultat ikke vesentlig dårligere (3800 kr). Oppregnet som ovenfor med 2 rushtider, 20 kjørefelt og 230 dager, vil udifferensiert kollektivtakst gi et samfunnsøkonomisk tap av størrelsesorden 35 Mill kr på årsbasis. Det er altså forholdsvis moderat i forhold til hva man taper ved å ikke drive kjøprising, men det samfunnsmessige tap i forhold til den «optimale» politikk er nå oppe i 285 Mill kr på årsbasis.

Tabell 14: Økonomisk resultat. Skyggepris på offentlige midler =0,25. Uten kjøprising og med enhetstakst for kollektivtrafikken.

	1000 kr
Offentlig økonomi:	
Kollektivsystemkostnad	52.7
Trafikkinntekt	26.8
Køinntekt	0.0
Netto off. sektor	-25.9
Sosialt overskudd:	I+23.2

### 3.5 Beste politikk med udifferensiert kjøpris og kollektivtakst (3)

Hvis man er villig til å drive kjøprising, men ikke vil differensiere verken kjøpris eller kollektivtakst, så kan man beregne de optimale priser og frekvenser med denne restriksjon på transportpolitikken. Tabell 15 viser at vi da skal ha en kjøpris på kr 25,60 og en kollektivtakst på kr 23,10. Bak dette ligger det en avveining som innebærer at tapet ved å prise for høyt i noen perioder, på marginen, skal motsvare tapet ved å prise for lavt i andre perioder. Uten takstdifferensiering for kollektivtrafikk får vi også her den markerte toppen i frekvens for periode 4.

Dette alternativ gir det laveste antall reiser til bysenteret med 2 % reduksjon i forhold til den situasjon vi har med optimal virkemiddelbruk i Tabell 4.

Tabell 15: Optimal verdier på policy-variable med skyggepris på offentlige midler lik 0.25. Enhetspriser for biler og kollektivtrafikk.

Periode	Kjøpris, kr pr bil	Kollektivtakst, kr pr reise	Frekvens, avg pr 30 minutter	Kjøretid minutter <sup>1)</sup>	bil,
1	25.60	23.10	9.4	15.5	
2	25.60	23.10	11.4	16.8	
3	25.60	23.10	9.9	25.0	
4	25.60	23.10	20.3	28.7	
5	25.60	23.10	10.2	22.4	

Kapasitet pr avgang: 81.0 plasser 1) Bestemt i likevekt

Totalt blir kollektivandelen til bysenteret litt høyere enn i Tabell 4, og dette skyldes i første rekke periode 4 hvor man i dette alternativ får lavere takst og høyere frekvens. Økonomisk resultat blir som vist i Tabell 17. Med udifferensierte kjøpriser og kollektivtakster får vi høyere kostnader for kollektivsystemet enn det vi får med «optimal» differensiering.

Tabell 16: *Fordeling av reiser til bysentret. Skyggepris for offentlige midler =0,25. Enhetspriser for biler og kollektivtrafikk. Prosent*

Periode	Bil	Kollektiv	Totalt	Kollektiv-andel	Kapasitets- utnyttelse <sup>1)</sup>
1	3.7	1.4	5.1	27.6	8.4
2	7.0	3.1	10.1	30.3	15.3
3	14.8	7.9	22.7	34.7	45.1
4	16.8	21.4	38.2	56.0	60.0
5	13.2	10.7	23.9	44.9	60.1
Sum	55.5	44.5	100.0	44.5	41.3

Totalt antall reiser fra forsted til bysenter= 4589 (51,0%) 1) Mot bysentret

Tabell 17: *Økonomisk resultat. Skyggepris på offentlige midler=0,25. Enhetspriser for bil- og kollektivtrafikk.*

	1000 kr
Offentlig økonomi:	
Kollektivsystemkostnad	48.5
Trafikkinntekt	47.2
Køinntekt	65.3
Netto off. sektor	64.0
Sosialt overskudd:	I+48.6

Trafikkinntekt og køinntekt øker også, men det økonomiske resultat for det offentlige blir litt dårligere. Samfunnsmessig overskudd reduseres med 5 600 kr i forhold til en situasjon uten restriksjoner på prispolitikken (Tabell 5). Med de forutsetninger som er benyttet ovenfor kan dette motsvare drøyt 50 Mill kr på årsbasis for en by som Oslo.

Den konklusjonen vi kan trekke av disse beregningseksempler er at den store forskjell mellom disse 4 alternativer går på kjøprising eller ikke. Selv om det er en ubetinget fordel å differensiere både kjøpriser og kollektivtakster innenfor rushperiodene er det viktigste å treffe noenlunde riktig nivå på kjøpris og takster. Selv om man av politiske eller teknisk/økonomiske grunner ikke differensierer innenfor rushtiden, er det fremdeles en betydelig gevinst ved å operere med «optimale» udifferensierte kjøpriser og kollektivtakster.

I forhold til å operere med bare én times rushtrafikk som i eksempel 1, er kanskje den viktigste konklusjon at man får et bedre kollektivtilbud fordi de faste kostnader knyttet til kapasitet kan fordeles på flere rundturer. På den annen side blir den optimale (maksimale) kollektivtakst høyere fordi denne også skal dekke inn «unødig» overkapasitet i de første perioder. Totalt får man imidlertid høyere kollektivandel for den time som har størst trafikk enn det man får når det bare opereres med én times trafikk.

Det arbeides videre med denne modell for å utvide den i flere retninger slik at den blir mer realistisk. Dette gå blant annet på å utvide den geografiske dimensjon og introdusere veinett som gir alternative kjøreruter. Det er imidlertid grenser for hvor mange aspekter som kan håndteres simultant innenfor et optimaliseringsopplegg av denne type.

## **Referanser:**

Larsen Odd I: «*Kostnadseffektiv rushtrafikk- Nytten av veikapasitet, køprising og kollektivsatsing*» TØI-rapport 346/1997

Larsen Odd I og Harald Minken: "*Kriterier for optimal transportpolitikk i byer.*" TØI-notat 1059/1997

Larsen Odd I: "*Optimalitet og likevekt med periodisering av morgenrush*" Arbeidsdokument av 28. april 1997, TRU/678/1997, TØI