



**TØI notat  
1058/1997  
PROSAM-  
rapport nr 48**

# **Transportmodeller og nytte/kostnadsmetodikk**

Statens vegvesen Akershus

Statens vegvesen Oslo

Statens vegvesen Akershus

Statens vegvesen Oslo

Plan- og bygningsetaten i Oslo

Samferdselssjefen i Akershus

Fylkesrådmannen i Akershus

AS Oslo Sporveier

Stor-Oslo Lokaltrafikk a.s

Norges Statsbaner

Samferdselsetaten i Oslo



**SAMARBEIDET FOR BEDRE TRANSPORT  
PROGNOSER I OSLO-OMRÅDET**

## PROSAM

Arbeidet med å løse de store transportproblemene i Oslo-området er igang. Den videre forsering av samferdselsutbyggingen vil kreve beslutninger av vidtrekkende betydning for området. Dette stiller høye krav det datagrunnlaget beslutningene baseres på.

På denne bakgrunn ble det tatt initiativ til å styrke og koordinere arbeidet med trafikkdata- og prognoser i Oslo-området. Med på dette samarbeidet er 8 etater / instanser med ulike ansvarsområder innen byutvikling og samferdsel i hovedstadsområdet.

Samarbeidsgruppen har som viktige mål å:

- Opparbeide og vedlikeholde en databank for bil- og kollektivtrafikk.
- Utarbeide og vedlikeholde et modellverktøy for konsekvensvurdering av alternative arealbruks- og transportformer.
- Etablere en arbeidsgruppe på et faglig høyt nivå i det offentlige, for utarbeidelse av transportprognoser og analyser.

## PROSAM-RAPPORTER

| Nr | Tittel   | Utgiver | Dato           |
|----|--|---------|----------------|
| 30 | Nye variasjonskurver for Oslo med statistisk vurdering av telleopplegg.                              | SVA     | September 1993 |
| 31 | Plan for trafikktegninger i Oslo 1994 - 1997.  | OVV     | August 1994    |
| 32 | Fredrik II, transportanalyseverktøy for Oslo og Akershus.  | PBE     | August 1994    |
| 33 | Trafikkutvikling for kjøretøy i Oslo 1966 - 1993;<br>Trafikkundersøkelse i Oslo 1993.                | OVV     | Oktober 1994   |
| 34 | Referat fra seminar 26. og 27. oktober 1994 på Klækken hotell.                                       | SVA     | Desember 1994  |
| 35 | Bygrensetelling høsten 1994. Kollektivtrafikk.   | SL      | Desember 1994  |
| 36 | Bompengeringen. Holdningsundersøkelse 1989-94.   | SVO     | Desember 1994  |
| 37 | Fremkommelighetsund. for bil i Oslo og Akershus 1992, 93 og 94                                       | OVV     | Januar 1995    |
| 38 | Samferdselsdata Oslo og Akershus 1993  | PBE     | Mars 1995      |
| 39 | Trafikkundersøkelse i Oslo 1994;<br>Trafikkutvikling for kjøretøy i Oslo 1966-1994                   | OVV     | Mai 1995       |
| 40 | Bompengeringen - holdningsundersøkelse 1989-95   | SVO     | Desember 1995  |
| 41 | Fremkommelighetsund. for bil i Oslo og Akershus 1993, 94 og 95                                       | SE      | April 1996     |
| 42 | Trafikkundersøkelse i Oslo 1995;<br>Trafikkutvikling for kjøretøy i Oslo 1966-1995                   | SE      | April 1996     |
| 43 | Innfartsparkering for bil i Oslo og Akershus per oktober 1995  | AFK     | April 1996     |
| 44 | Sykkeltellinger over Henrik Ibsenringen vest, september 1994/95<br>-Vedlagt data fra sykkeltellinger | PBE     | September 1996 |
| 45 | PARIMO; Forbedret håndtering av kollektivtrafikk,<br>inkl. Park and ride i EMMA                      | AFK     | September 1996 |
| 46 | Fremkommelighetsund. for bil i Oslo og Akershus 1994, 95 og 96                                       | SE      | Februar 1997   |
| 47 | Bompengeringen - holdningsundersøkelse 1989-1996   | SVO     | Februar 1997   |

Rapportene kan bestilles gjennom PROSAM sekretæren eller utgiveretaten:

Statens vegvesen Akershus  
Postboks 8037 Dep  
0030 Oslo



**TØI notat  
1058/1997**

# **Transportmodeller og nytte/kostnadsmetodikk**

**Odd I Larsen  
Jens Rekdal**

---

**Tittel: Transportmodeller og nytte/kostnadsmetodikk****Forfatter:** Odd I. Larsen  
Jens RekdalTØI notat 1058/1997  
Oslo, mars 1997  
36 sider  
ISSN 0806-9999**Finansieringskilde:** PROSAM ved Samferdselsjefen i Akershus.**Prosjekt:** O-2258 Videreutvikling av kollektivmodellverktøyet.**Prosjektleder:** Jens Rekdal**Emneord:** Samferdsel  
Investering  
Lønnsomhet  
Nyttekostnadsanalyse  
Konsumentoverskudd  
Avgift  
Miljøkostnad**Sammendrag:**

Standardmetoden for samfunnsøkonomisk evaluering av investeringsprosjekter i samferdselssektoren er nytte-kostnad analyse. I korthet innebærer metoden at alle relevante effekter av prosjektet kvantifiseres og evalueres i en felles måleenhet som normalt er penger. Et prosjekt anses som samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom nytten (inntektene) er større enn kostnadene. I dette prosjektet er det utarbeidet regneprosedyrer (makroer for trafikkberegningsverktøyet EMME/2) som utfører beregninger av nyttekomponenter for vei og/eller kollektivprosjekter. Prosedyrene tar etterspørselsmatriser og transportnettverkene som gitt. I dette dokumentet drøftes nytte-kostnadsmetodikken sett i sammenheng med transportmodeller. Det foreslås enhetspriser for ulike nytte- og kostnadskomponenter, og opplegget for beregningsprosedyrene gjennomgås.

**Title: Calculation of cost-benefit input by transport models****Author:** Odd I. Larsen  
Jens RekdalTØI working report 1058/1997  
Oslo, March 1997  
36 pages  
ISSN 0806-9999**Financed by:** PROSAM/by Director of Transportation in Akershus County**Project:** O-2258 Development of the public transport model**Project manager:** Jens Rekdal**Key words:** Transport  
Investment  
Profitability  
Cost-benefit analyses  
Consumer surplus  
External costs  
Environmental cost**Summary:**

Cost-benefit analysis is the standard method for economic evaluation of investment projects in the transport sector. In short the method implies that all relevant effects of a project shall be quantified and assessed in common unit of measurement, which normally is money. If calculated benefits exceed costs the project can be considered as profitable from a social point of view. This document demonstrates how a transport model for an urban area can be used to estimate some of the main elements that should be included in a cost-benefit analysis of different policy options with respect to the road network design, public transport supply and other measures. The methodology is presented and applied in an example. This is done with a set of «macros» written for the EMME/2-system. The procedure takes demand matrices and network representation as given and can thus be applied to the results produced by any suitable model. Unit prices for various cost and benefit components are suggested and applied.

**Language of working report:** Norwegian

---

Notatet 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 working 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

I 1995 innledet PROSAM et samarbeid med TØI med sikte på å forbedre grunnlaget for beregninger med transportmodeller i Oslo regionen. Dette samarbeidet ble videreført i 1996 og 1997. I dette dokumentet presenteres en av deloppgavene i prosjektet Videreutvikling av Kollektivmodellverktøyet. I denne deloppgaven er det etablert en metodikk for å beregne de viktigste komponentene i nytte-kostnadsanalyser for vei- og kollektivprosjekter.

Hovedproduktet fra dette arbeidet er selve beregningsprosedyrene som er utarbeidet (i form av makroer som er tilknyttet programpakken EMME/2). I dette dokumentet gjennomgås de teoretiske problemstillinger knyttet til metodikken, det gis en beskrivelse av de enhetspriser som er lagt til grunn for beregningene av de ulike nytte- kostnadskomponentene, og det gis en innføring i selve beregningsprosedyrene.

Prosjektet er finansiert av PROSAM, ved Samferdselssjefen i Akershus. Spesialkonsulent Jan Spørck, ved Samferdselssjefen i Akershus, har vært kontaktperson fra oppdragsgivers side. Prosjektarbeidet har vært tett oppfulgt av PROSAMs transportmodellgruppe.

Prosjektleder ved TØI har vært cand polit Jens Rekdal. Prosjektmedarbeidere har vært cand oecon Odd I Larsen og forskningsassistent Berit Grue. Bjørg Mannsverk har hatt ansvaret for tekstbehandling og redigering.

Oslo, mars1997  
TRANSPORTØKONOMISK INSTITUTT

*Jon Inge Lian*  
avdelingsleder



# Innhold

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 Innledning .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2 Generelt om transportmodeller og nytte/kostnadsmetodikken .....</b>                                  | <b>4</b>  |
| 2.1 Generaliserte kostnader og etterspørsel etter reiser .....  | 5         |
| 2.2 Nytte/kostnads-analyser for veiprojekter.....   | 7         |
| 2.3 Nytte/kostnads-analyser for kollektivprosjekter .....   | 13        |
| <b>3 Krav til inngangsdata fra transportmodeller .....</b>  | <b>17</b> |
| 3.1 Konsistensproblemet .....   | 18        |
| 3.2 Kombinasjonen av endringer i arealbruk og transportsystem.....  | 18        |
| 3.3 Utvikling over tid .....  | 20        |
| 3.4 Avhengighet mellom prosjekter .....   | 20        |
| <b>4 Beregninger av inngangsdata til nytte/kostnads-analyser med<br/>planleggingsverktøyet EMMA .....</b> | <b>23</b> |
| 4.1 Enhetspriser .....  | 24        |
| 4.2 Beregningsrutiner i EMMA.....   | 31        |
| <b>5 Litteratur.....</b>  | <b>36</b> |





**Sammendrag:**

# Transportmodeller og nytte/kostnadsmetodikk

Standard - metoden for samfunnsøkonomisk evaluering av investeringsprosjekter i samferdselssektoren er nytte-kostnad analyse (cost-benefit analysis). I korthet innebærer metoden at alle relevante effekter av prosjektet kvantifiseres og evalueres i en felles måleenhet som normalt er penger. Et prosjekt anses som samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom nytten (inntektene) er større enn kostnadene. Ved valg mellom alternative prosjekter hvorav bare ett kan komme til utførelse skal man normalt velge det prosjekt som har størst nettoinntekt eller nåverdi (present value). Inntekter og kostnader må alltid måles i forhold til et veldefinert alternativ.

Metoden har sin bakgrunn i økonomisk velferdsteori og denne teori gir også en nærmere presisering av de forutsetninger som metoden bygger på. I praksis vil man som regel måtte gjøre en del forenklinger i forhold til de ideelle teoretiske krav. Et hovedprinsipp er at ressursbruk skal vurderes etter ressursenes avkastning i beste alternative anvendelse og at fordeler/ulempesom ikke har markedspriser skal verdsettes etter hva vi litt upresist kan si er folks betalingsvillighet.

Persontransportmodeller representerer et forsøk på å simulere menneskenes adferd i transportsystemet. Disse modellene har som oftest en mer eller mindre finmasket geografisk soneinndeling. Hvert sonepar i modellene kan oppfattes som et eget delmarked, med en egen etterspørselsstruktur og et definert transporttilbud. Den mest brukte modelltypen er logitmodeller. Disse bygger på mikroøkonomisk teori, og gir oss dermed et metodeapparat som er egnet til å lage trafikkprognoser som metodisk og begrepsmessig også er grunnlaget for økonomisk velferdsteori.

## Konsumentoverskudd

Den største posten i en samfunnsøkonomisk kalkyle for et transporttiltak for byområder er vanligvis endringer i trafikantnytte, eller med et annet økonomisk begrep, endringer i konsumentoverskudd. Denne posten kan relativt enkelt beregnes ved bruk av en transportmodell.

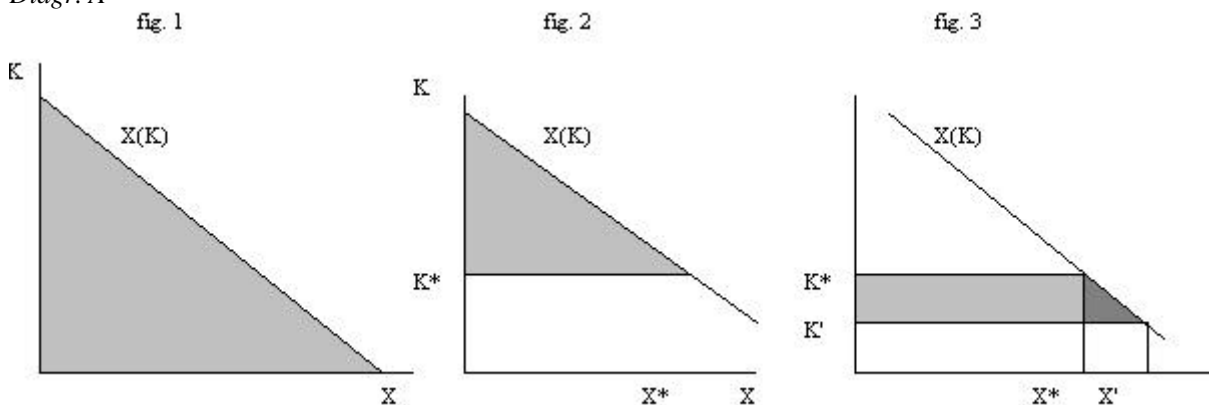
En reise kan hevdes å oppstå fordi et individ har et ønske om å være et annet sted enn der det er. I økonomisk forstand vil individet ha en nytte knyttet til den aktuelle destinasjonen. Selve reisen kan oppfattes som en betaling for å oppnå denne nytten. Innsatsfaktorene knyttet til reisen er reisetid og utgifter. En veiet sum av disse kan vi kalle generaliserte kostnader. For reiser som faktisk foretas må vi kunne forutsette at nytten er positiv, dvs nytten er større enn de generaliserte kostnadene.

Diagram A viser sammenhengen mellom antall reiser  $X$  og generaliserte kostnader  $K$  på en sonerelasjon i transportmodellen. Antall reiser på relasjonen avhenger selvsagt av mange flere faktorer enn generaliserte kostnader (f.eks. karakteristika ved de bosatte i sonen, attraktiviteter i målsonen, attraktiviteter i andre destinasjoner, generaliserte kostnader til andre destinasjoner, mm), men i denne sammenhengen holder vi disse faktorene konstant. Etterspørselskurven,  $X(K)$  i diagrammet er fremkommet ved å rangere individene etter deres betalingsvillighet for å reise til målsonen. Det individet med høyest betalingsvillighet er plassert nærmest  $K$ -aksen, mens det individet med lavest betalingsvillighet er plassert lengst mot høyre. Det skraverte arealet under etterspørselskurven representerer den samlede betalingsvillighet for de aktuelle individene.

Sett nå at de generaliserte kostnadene på relasjonen er  $K^*$ . Det er  $X^*$  individer som er villig til å reise ved denne kostnaden. Det siste individet som reiser har betalingsvillighet  $K^*$ . Totale kostnader er nå  $(X^* \cdot K^*)$ . Det skraverte arealet under etterspørselskurven men over  $K^*$  i figur 2 kalles konsumentoverskudd.

Når et tiltak gjennomføres kan dette endre de generaliserte kostnadene på relasjonen. Sett f.eks at kostnadene reduseres fra  $K^*$  til  $K'$  i figur 3. De  $X^*$  trafikantene som allerede reiser på relasjonen vil totalt spare  $X^*(K^*-K')$  som er lik det skraverte rektangel i figur 3. Til kostnaden  $K'$  vil flere individer velge å reise og etterspørselen øker fra  $X^*$  til  $X'$ . De nye trafikantene vil få realisert et konsumentoverskudd på som er tilnærmet lik  $0.5(X'-X^*)(K^*-K')$ , som er lik den skraverte trekanten i figuren. Samlet økning i konsumentoverskudd på relasjonen finnes ved å summere effektene for de «gamle» og nye trafikantene, og er representert ved det skraverte areal i figur 3. Det er verdt og merke seg at i en typisk situasjon knytter hovedtyngden av økt nytte ved et tiltak seg til allerede eksisterende trafikanter.

Diagr. A



Dersom tiltaket berører flere relasjoner i persontransportmodellen finnes total økning i trafikantnytte eller konsumentoverskudd ved å summere effektene over alle relasjoner. Betrachtingene over gjelder både for vei- og kollektivprosjekter.

## Behandling av særavgifter og eksterne kostnader

Dersom særavgiftene på kjøp, eie og bruk av bil er kostnadsriktige trenger man ikke å regne på endringer i eksterne kostnader i nytte/kostnadsanalysen. Dette er kostnader og inntekter som endres ved biltrafikkvolumet og summen vil bare gi et positivt bidrag dersom biltrafikk i utgangspunktet er underpriset i den forstand at de distanseavhengige avgiftene er mindre enn de distanseavhengige eksterne kostnader. Vi skal imidlertid merke oss at så lenge det er særavgifter på drivstoff og biler så er det bare *differansen* mellom distanseavhengige avgifter og distanseavhengige eksterne kostnader som vil inngå i kalkylen (jfr tabell 4.4.3).

Unntaket fra dette er endringer i direkte prosjektrelaterte eksterne kostnader (f.eks hvis en vei som tidligere gikk gjennom et boligfelt legges i tunnel under boligfeltet). I slike tilfeller er det riktig å regne på endrede eksterne kostnader eventuelt i tillegg til de generelle distanseavhengige eksterne kostnadene. Man vil altså få en tilleggspost i diagram 4.4.3 som kan kalles *endringer i prosjektrelaterte eksterne kostnader*.

## Endringer i kostnader for transportsystemet

For å få netto-inntekter av prosjektet eller prosjektpakken, må prosjektrelaterte kostnader trekkes fra i kalkylen. Denne posten omfatter anleggskostnader og endrede driftskostnader som følge av prosjektpakken. Denne posten beregnes vanligvis utenfor transportmodellen. Det må stilles like strenge krav til disse beregningene som til beregningene utført med transportmodellverktøyet.



# 1 Innledning

Hovedideen med N/K-analyser er at man skal gjennomføre prosjekter som bidrar til å øke et samfunnsmessig overskudd i form av nytte - kostnad. Dersom et prosjekt ikke bidrar til å øke differensen mellom nytte og kostnad - eller overskuddet - så burde man jo strengt tatt være bedre tjent med å benytte de ressurser som går med til prosjektet på en annen måte.

For å undersøke om et prosjekt bidrar til økt samfunnsmessig overskudd trenger man ikke kjenne størrelsen på den samfunnsmessige nytte i noen absolutt forstand. Den totale nytte av reiser og transport er ikke en observerbar størrelse. Vi kan imidlertid anslå endringen i nytte fra en situasjon til en annen.

En analogi kan være at dersom man klatrer i et fjell så kan det være forholdsvis lett å anslå at man med en viss innsats kommer 10 meter høyere. Dette kan man gjøre selv om man ikke i utgangspunktet ikke vet noe om hvor høyt man er over havet eller hvor høyt fjellet egentlig er.

Analogien kan også trekkes litt lenger. Man kan godt gjennomføre dårlige prosjekter som da innebærer at man bruker mye krefter på å bevege seg sidelengs eller nedover. Under visse forutsetninger kan dette allikevel være fornuftig, nemlig viss man derved kommer inn på en rute som gir mer igjen for senere innsats. Likedan kan man gjennomføre gode prosjekter, men gå seg fast slik at senere innsats gir liten eller ingen avkastning.

I samfunnsøkonomisk forstand innebærer slike mer kompliserte situasjoner at man har avhengighet mellom prosjekter. Overskuddet for et gitt prosjekt vil da avhenge av hvilke andre prosjekter som gjennomføres og det er ikke tilstrekkelig å betrakte hvert prosjekt isolert. N/K-analyser slik som de tradisjonelt fremstilles forutsetter man at terrenget er så ukomplisert at man kan tillate seg å vurdere ett og ett prosjekt isolert.

Skjemaet nedenfor har i praksis vist seg nyttig som utgangspunkt for vurdering av større prosjekter i samferdselssektoren. I skjemaet har vi listet opp de ulike aktører eller sektorer i trafikksystemet, inklusive omgivelsene som belastes med de eksterne effekter (miljølemper, visse effekter av trafikkulykker etc). Noen av sektorene kan man etter behov eventuelt dele videre opp, f eks etter geografiske inndelinger og/eller trafikanter av ulike kategorier. Utgifts- og inntektsposter srevet i kursiv i skjemaet er overføringer mellom sektorer. Disse faller bort når man summerer over alle sektorer og tar differensen mellom totale kostnader og totale inntekter.

Således vil man når man summerer kostnader og inntekter og tar bort overføringene stå igjen med nytten av reiser og transport som inntekt, og transportsystemets ressursbruk (inklusive verdien av trafikantenes egeninnsats i

form av tidsbruk og andre ulemper) og miljøulemper (inklusive trafikkulykker) som kostnad. De ulike poster i skjemaet må tolkes som nåverdi (present value) eller årlige kostnader beregnet ved hjelp av en kalkulasjonsrente og amortiseringsfaktorer.

Tabell 1 Viktige poster i en samfunnsøkonomisk kalkyle for samferdselsprosjekter

| <b>Aktører:</b>          | <b>Inntekter</b>                           | <b>Kostnader/Utgifter</b>   |
|--------------------------|--|---|
| <b>Systemoperatører:</b> |  |   |
| Vegetat                  | <i>Overføringer fra statskassen</i>        | Kapital- og driftskostnader vegsystemet   |
| Kollektivselskaper       | <i>Trafikkinntekter</i>                    | Kapital- og driftskostnader for kollektivsystemet                                       |
|                          | <i>Tilskudd fra offentlige myndigheter</i> | <i>Særavgifter på kollektivtrafikk</i>  |
| <b>Systembrukere:</b>    |  |   |
| Kollektivtrafikanter     | Nytten av kollektivreiser                  | <i>Betaling for kollektivreiser</i>   |
|                          |  | Egeninnsats   |
| Bilbrukere               | Nytten av bilreiser                        | Kapital- og driftskostnader for bil   |
|                          | Inntekt av varetransport                   | Forsikringer  |
|                          |  | <i>Avgifter på kjøp, eie og bruk av bil</i>   |
|                          |  | <i>Betalte bompenger</i>  |
|                          |  | Egeninnsats   |
| Fotgjenger               | Nytten av gangturer                        | Egeninnsats   |
| Syklister                | Nytten av sykkelreiser                     | Egeninnsats + kapital driftskostnader for sykler  |
| <b>Off. myndigheter:</b> |  |   |
| Statskassen, fylke       | <i>Innbetalte bilavgifter</i>              | <i>Bevilgninger til vegetater</i>   |
|                          | <i>Bompengeinntekter</i>                   | Vegtrafikkens andel av kostnader for politi og rettsvesen                               |
|                          | <i>Særavgifter på kollektivtrafikk</i>     | <i>Tilskudd til drift og investeringer kollektivtrafikk</i>                             |
|                          |  | Offentlige utgifter og inntektsforbindelse med trafikkskader og forurensning vegtrafikk |
| <b>Omgivelser:</b>       |  | Lokale miljøulemper fra veitrafikk  |
|                          |  | Globale miljøulemper fra veitrafikk   |
|                          |  | Miljøulemper av kollektivtrafikk  |
|                          |  | Netto ulemper/velferdstap pga trafikkulykker  |

Transportmodeller kan være et velegnet verktøy i nytte/kostnadsanalyser. I dette dokumentet forsøker vi å vise hvorledes transportmodeller kan gi viktige bidrag til slike analyser. Kapittel 2 og 3 må oppfattes som en mer generell innføring i tankegangen bak transportmodeller, og hvordan denne kan knyttes opp mot nytte/kostnads-problematikken. Her gis også en generell veiledning i hvorledes relevante enkeltposter i kalkylen kan

beregnes og det pekes avslutningsvis på en del spesielle problemer som vil oppstå og hvilke krav som bør stilles til transportmodellene i denne sammenheng. Kapittel 4 er spesielt knyttet til hovedproduktet fra dette prosjektet, nemlig beregningsopplegg (makroer) for nytte/kostnadsberegninger i EMME/2. Her gis en oversikt over enhetspriser som benyttes, og en kort innføring i praktisk beregningsopplegg i regneprogrammene.

## 2 Generelt om transportmodeller og nytte/kostnadsmetodikken

I forbindelse med nytte/kostnad-analyser (og konsekvensanalyser generelt) av vei eller kollektivprosjekter vil det være behov for trafikkprognoser. Til dette formål benyttes ofte 4-trinns modeller eller modeller som har ett eller flere trinn til felles med 4-trinns metodikk. Vi går ikke i særlig grad inn på selve modellene som benyttes, men tar som gitt at man har en modell som er egnet til å lage trafikkprognoser og kvantifisere de trafikale effektene av det - eller de - prosjekter som skal vurderes. Modellene forutsettes imidlertid å ha en geografisk dimensjon i form av en soneinndeling. Selve soneinndelingen vil ofte kunne være et viktig aspekt ved modellen.

For nærmere å belyse bruken av det skjema som er vist i tabell 1, i en konkret samfunnsøkonomisk kalkyle hvor inngangsdata bl a hentes fra en transportmodell, er det hensiktsmessig å innføre en del symboler.

|                |   |   |
|----------------|---|---|
| $U_{ij}$       | = | nytte knyttet til en reise mellom i og j  |
| $Q_{ij}^m$     | = | netto-nytte knyttet til en reise mellom i og j med reisemåte «m»                  |
| $Z_j$          | = | attraksjoner i sone j   |
| $X_{ij}^m$     | = | antall reiser mellom i og j med reisemåte (mode) m i basisalternativet            |
| $K_{ij}^m$     | = | generalisert reisekostnad for en reise mellom i og j med reisemåte m              |
| $g_{ij}^m$     | = | generalisert tidskostnad (egeninnsats) for en reise mellom i og j med reisemåte m |
| $c_{ij}^m$     | = | monetær kostnad for en reise mellom i og j med reisemåte m, inkl avgifter         |
| $n_{ij}^m$     | = | monetær kostnad for en reise mellom i og j med reisemåte m, ekskl avgifter        |
| $t_{ij}^m$     | = | avgifter som påløper for en reise mellom i og j med reisemåte m                   |
| $b_{ij}$       | = | bompenger for en biltur mellom i og j   |
| $z_{ij}^{kol}$ | = | marginalkostnad for en reise mellom i og j med kollektivtransport                 |
| $e_{ij}^{bil}$ | = | eksterne miljø- og ulykkeskostnader forårsaket av en biltur mellom i og j         |
| $v_{ij}^{bil}$ | = | veislitasje forårsaket av en biltur mellom i og j                                 |
| $a_{ij}^m$     | = | andel nye reiser mellom i og j overført fra reisemåte m                           |



## 2.1 Generaliserte kostnader og etterspørsel etter reiser

Hvis vi holder oss til persontransport er det grunn til å understreke at reiser i seg selv bare unntaksvis vil oppfattes som et gode. Man reiser fordi man ønsker å komme til et annet sted enn der man er. Nyttien av reisen er knyttet til bestemmelsesstedet og selve reisen for å komme dit representerer en oppofrelse.

I modellsammenheng kan vi tenke oss at en vilkårlig person som befinner seg i sone «i» har en nytte av å besøke sone «j» som vi ikke kjenner, men som vi kan betegne  $U_{ij}$ . Hypotesen som en modell bygger på er som regel at nytten er korrelert med en del attraksjonsvariable som karakteriserer sone «j» og som vi kan betegne med en vektor  $Z_j$ , dvs  $U_{ij} = U_{ij}(Z_j)$

Ved et besøk i sone «j» pådrar personen seg en utgift  $c_{ij}$  som kan være utgift til en kollektivreise eller kjørekostnader for bil (eventuelt med tillegg av bompenger, parkeringsavgifter og andre avgifter). I tillegg yter personen en egeninnsats i form av reisetid som kan oppleves mer eller mindre ubehagelig, avhengig av om det dreier seg om tid i kjøretøy, gangtid, åpen eller skjult ventetid mm. Verdien av egeninnsatsen, eller den generaliserte reisetiden, kan vi betegne med  $g_{ij}$ .

Utgiften ved reisen + verdien av egeninnsatsen (generalisert reisetid) kan vi kalle generalisert reisekostnad og betegne med  $K_{ij}^m (= c_{ij}^m + g_{ij}^m)$ . Toppskriften «m» indikerer at generalisert reisekostnad avhenger av reisemåte. Som et samlet mål for generalisert reisekostnad for reiser mellom «i» og «j» vil man kunne bruke en eller annen form for veiet gjennomsnitt ( $K_{ij}^*$ ) av generalisert reisekostnad for alle reisemåter og benytte dette i forbindelse med turfordeling.

Teorien for logit-modeller innebærer f eks at en lineær funksjon av log-summen fra en reisemiddelvalgmodell kan tolkes som en gjennomsnittlig generalisert kostnad. Uansett hvordan man danner en gjennomsnittlig generalisert reisekostnad for reiser mellom to soner så er det verdt å merke seg at det er tid og reiseutgifter samt verdien av eventuelle andre ulemper ved reisen som strengt tatt bør inngå.

*I noen versjoner av 4-trinnsmodeller baseres turfordeling på en reisemotstand som er representert ved korteste avstand langs vei mellom de to soner. Dersom gjennomsnittlig generalisert reisekostnad er tilnærmet proporsjonal med avstanden kan dette trolig gi brukbare resultater. Problemet er at turfordelingen bare vil påvirkes av prosjekter eller tiltak som endrer avstanden langs veg mellom soner. Prosjekter som på annen måte påvirker generalisert reisekostnad (f.eks endret vegkapasitet eller fartsgrense) får ikke noen effekt på turfordelingen dersom man ikke gjør noen kunstgrep med avstandene.*

Modellene må tolkes som om vi opererer med trafikanter som følger en eller annen statistisk fordeling når det gjelder nytte og generalisert reisekostnad. Formen på denne statistiske fordeling påvirkes imidlertid av reiseutgifter og reisetider som vi kan beregne eller observere og av registrerbare genererings- og attraksjonsvariable. Dette er tankegangen bak bl a logit-

modeller for reisemiddelvalg som fordeler antall reiser på en gitt reiserelasjon mellom ulike reisemåter. Gravitasjonsmodeller kan gis en tilsvarende tolkning.

Inntekt, bilhold og andre variable som påvirker reiseaktivitet vil også kunne inngå i modellene og er spesielt viktig å ha med dersom man skal anslå utviklingen over tid. Hovedpoenget er imidlertid at man har en modell hvor antall reiser og/eller fordelingen på reisemidler på ulike reiserelasjoner påvirkes av generaliserte reisekostnader på vedkommende relasjon.

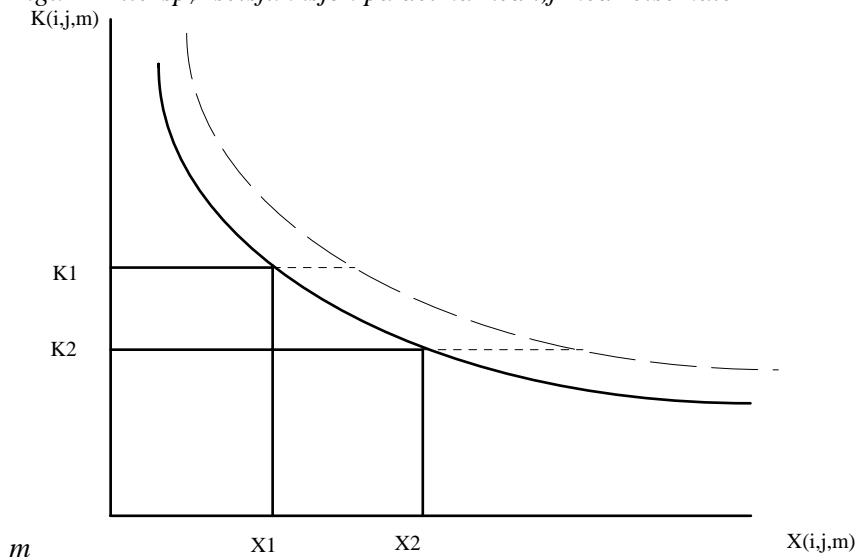
**Dette tillater oss å operere med etterspørselsfunksjoner for reiser på ulike reiserelasjoner og dermed også det metodeapparat som ligger innenfor økonomisk teori.** En slik etterspørselsfunksjon kan vi f eks skrive:

$$[1] \quad X_{ij}^m = F(K_{ij}^m, K_{ij}^*, \text{andre variable}),$$

hvor  $X_{ij}^m$  = antall **reiser** mellom «i» og «j» med reisemåte «m» pr tidsenhhet.

Etterspørselsfunksjonene spesifiseres altså for hvert sonepar. Soneparene kan betraktes som egne delmarkeder i det område som studeres. Modellene kan også operere med ulike reisemål og befolkningsgrupper. Vi vil da få definert en etterspørselsfunksjon for hvert markedssegment (kombinasjon av reisemål og befolkningsgruppe) på hver sonerelasjon.

Figur 1 Etterspørselsfunksjon på delmarked i,j med reisemåte



**Det forhold at vi har en veldefinert etterspørselsfunksjon, betyr ikke nødvendigvis at vi kan skrive den på en eksplisitt form som [1] eller tegne den slik vi har gjort i figur 1. Etterspørselsfunksjonen for et gitt**

### **reisemåte på en gitt sonerelasjon kan ligge mer eller mindre godt gjemt i hele modellstrukturen.**

Vi vil imidlertid - i prinsippet - alltid kunne generere funksjonen numerisk hvis vi holder andre variable konstant og kjører hele modellen gjentatte ganger med forskjellige verdier på  $K_{ij}^m$  og samtidig tar hensyn til at endringer i  $K_{ij}^m$  eventuelt også vil endre  $K_{ij}^*$ . I andre variable vil også, avhengig av modellstrukturen, generaliserte reisekostnader for andre reiserelasjoner kunne inngå.  $K_{ij}^*$  vil også påvirkes av generalisert reisekostnad med andre reisemåter på relasjonen (i,j).

Figur 1 illustrerer hvordan etterspørselen mellom i og j med reisemåte m endres når generalisert reisekostnad for reisemåte m endres. Er vi i initialt i punktet (X1,K1) i figuren, vil vi bevege oss mot X2 når K reduseres mot K2. Figuren illustrerer også hvordan endringer i andre variable enn  $K_{ij}^m$  som inngår i etterspørselsfunksjonen vil medføre positive (eller negative) skift i etterspørselen ved at kurven forskyves i horisontalplanet.

For en person som befinner seg i sone i og besøker - eller reiser til - sone j med reisemåte m vil vi ha en ikke-observerbar netto-nytte gitt ved:

$$[2] \quad Q_{ij}^m = U_{ij}(Z_j) - K_{ij}^m \geq 0.$$

Siden vedkommende foretar reisen regner vi altså med at netto-nyttens er positiv. Så lenge det ikke skjer noe med reisemålets attraktivitet representert ved vektoren  $Z_j$  vil en reduksjon i generalisert reisekostnad gi en motsvarende økning i netto-nyttens av reisen. Vi kan også regne med at de som reiser mellom i og j velger den reisemåte som gir lavest generalisert reisekostnad. Siden vi opererer med en underliggende statistisk fordeling av generaliserte reisekostnader (f eks i form av en logit-modell) gir dette en viss fordeling på reisemåter. Vi regner også med at netto-nyttens for dem som faktisk reiser fra i til j er større eller lik netto-nyttens for reiser til andre destinasjoner (ellers ville de jo reist til en annen destinasjon).

## **2.2 Nytte/kostnads-analyser for veiprosjekter**

Sett at vi har etablert og kalibrert en modell for et studiområde og at denne med akseptabel nøyaktighet reproducerer dagens situasjon eller en basis-situasjon (0-situasjonen). Denne vil da gi  $X_{ij}^{m-0}$  og  $K_{ij}^{m-0}$  for alle i, j og m (eller mer presist, et sett med turmatriser og et sett matriser med generaliserte reisekostnader eller variable som bestemmer generaliserte reisekostnader). Hvis vi nå skal vurdere f eks et veiprosjekt, så vil det innebære at generalisert reisekostnad med bil på en eller flere reiserelasjoner endres.

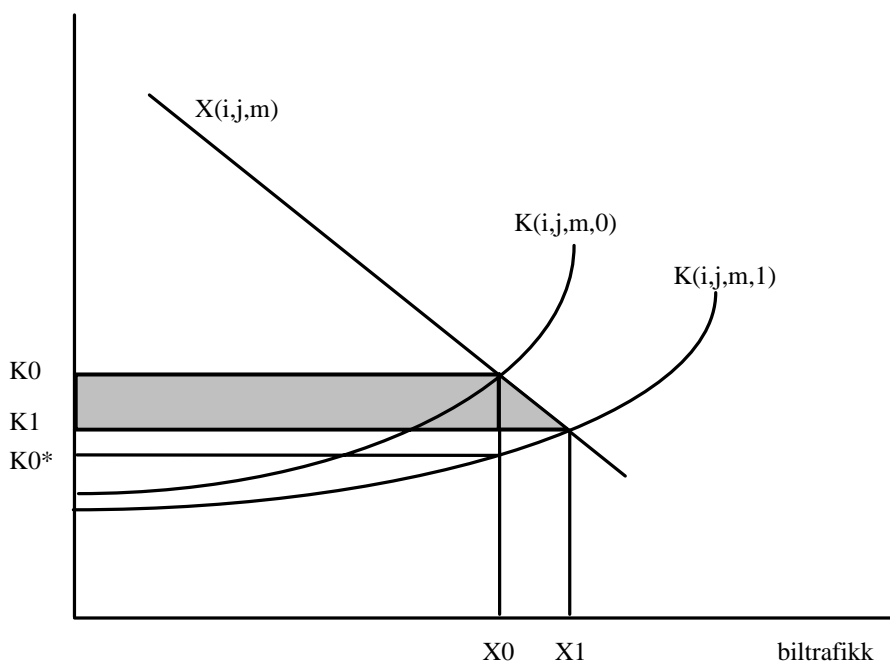
De nye generaliserte reisekostnader med bil,  $K_{ij}^{bil-1}$ , bør beregnes på samme måte som  $K_{ij}^{m-0}$ . Utgangspunktet er ofte at man legger prosjektet inn i en nettverksdatabase og bruker rutevalgmodellene i denne til å beregne nye kjøredistanser og kjøretider for korteste vei mellom soner. Disse omregnes

til nye generaliserte reisekostnader med bil på alle sonerelasjoner.  
Endringen i generalisert reisekostnad (pr reise) blir da:

$$[3] \quad \Delta K_{ij}^{\text{bil}} = K_{ij}^{\text{bil-1}} - K_{ij}^{\text{bil-0}}$$

For sonerelasjoner som ikke berøres av prosjektet vil endringen være null. De nye verdier for tider og distanser (eller generalisert reisekostnad med bil) settes inn i modellen og man beregner nye reisevolumer på alle sonerelasjoner,  $X_{ij}^{m-1}$ . De nye reisevolumer vil kunne reflektere både endringer i reisemåte, turfordeling og eventuelt turgenerering.

Figur 2 Beregning av endring i netto-nytte som følge av et kapasitetsutvidende veiprojekt  
generalisert kostnad



Figur 2 gir et stilisert bilde av transporttilbudet **mellom i og j** før og etter veiprojektet representert ved hhv  $K_{ij}^{\text{bil-0}}$  og  $K_{ij}^{\text{bil-1}}$ . Slik  $K_{ij}^{\text{bil-1}}$  er tegnet i figuren innebærer prosjektet både en kapasitetsutvidelse og en standardhevelse i form av reduserte reisekostnader også ved lave trafikkvolumer.

Vi er nå interessert i et anslag på den endring i netto-nytte for trafikantene som disse endringer i etterspørselen representerer. Siden etterspørselen er definert for hver sonerelasjon som en funksjon av generalisert reisekostnad skal endring i netto-nytte også beregnes for hver sonerelasjon og deretter summeres. Dette kan gjøres (tilnærmet) med to ekvivalente formler (trapes og rektangel + trekant). Netto nytten er i begge tilfeller representert ved arealet mellom K0, K1 og etterspørselskurven (skravert areal) i figur 2.

Den siste formel har den fordel at den splitter opp nyttegevinsten i det som er besparelsen i generalisert reisekostnad med bil for den biltrafikk man hadde i 0-situasjonen (1. ledd «rektangel») og nytten av nyskapt trafikk (2.

ledd «triangel»). Om ønskelig kan selvsagt  $\Delta K_{ij}^{bil}$  splittes opp i kjørekostnadsbesparelser og verdien av tidsbesparelser, dvs  $\Delta c_{ij}^{bil}$  og  $\Delta g_{ij}^{bil}$  (NB!  $c_{ij}$  står her for privatøkonomisk kjørekostnad og kan om ønskelig splittes videre opp i realøkonomiske kjørekostnader og avgifter). Den privatøkonomiske kjørekostnad er sammensatt av de realøkonomiske bildriftskostnader og særavgifter som varierer med kjøredistanse.

**Endring i netto-nytte for trafikantene som følge av en endring i veisystemet:**

Trapes:

$$\Delta Q^{bil} = -\frac{1}{2} \cdot \sum_i \sum_j \Delta K_{ij}^{bil} \cdot (X_{ij}^{bil-1} + X_{ij}^{bil-0})$$

Rektangel + triangel :

$$\Delta Q^{bil} = -\sum_i \sum_j \Delta K_{ij}^{bil} \cdot X_{ij}^{bil-0} - \frac{1}{2} \cdot \sum_i \sum_j \Delta K_{ij}^{bil} \cdot \Delta X_{ij}^{bil}$$

der  $\Delta X_{ij}^{bil} = X_{ij}^{bil-1} - X_{ij}^{bil-0}$   
 og  $\Delta K_{ij}^{bil} = K_{ij}^{bil-1} - K_{ij}^{bil-0}$   
 En mer generell formel vil innebære at vi beregner uttrykkene ovenfor ved også å summere over alle reisemåter  
 m. Dette har bare noen hensikt dersom  $\Delta K_{ij}^m \neq 0$ .

Den intuitive begrunnelsen for disse formler er at **netto** nyttegevinst for trafikanter som endrer reisemål eller reisemåte maksimalt kan tilsvare endringen i generalisert reisekostnad for bil på vedkommende sonerelasjon og at endringen som et minimum må være null. Om man forutsetter at de nye trafikanter fordeler seg jevnt over dette intervall vil gjennomsnittlig nyttegevinst være lik halve reduksjonen i generalisert reisekostnad med bil.

Hele beregningen kan gjøres ved enkle operasjoner på de matriser som produseres av transportmodellene hvor man tar summer eller differenser på enkeltelementer og summerer over alle sonerelasjoner. Hvis den eneste endringen er i veisystemet, er det bare bilturmatriser og matriser for generaliserte reisekostnader med bil som benyttes. ( $\Delta K_{ij}$  vil være null for de andre reisemåter)

**Analyserer man effekten av et veiprojekt og intet skjer med generalisert reisekostnad for andre reisemåter, vil nytten av nygenerert trafikk kun dreie seg om endringer i antall bilturer på ulike reiserelasjoner, uavhengig av hvor disse kommer fra.**

### Endringer i antall reiser

Dersom turfordelingen påvirkes av prosjektet kan man i prinsippet godt få som resultat **at generalisert reisekostnad med bil på en gitt sonerelasjon blir redusert og at man samtidig får færre bilturer på relasjonen**. Dette vil i såfall måtte skyldes at forbedringen på en del andre sonerelasjoner er såvidt sterk at dette i modellens turfordelingsledd oppveier forbedringen i generalisert reisekostnad med bil på denne spesielle sonerelasjon. I relasjon til etterspørselsfunksjonen [1] betyr det at en reduksjon i  $K_{ij}^m$  motvirkes av en samtidig endring i andre variable. Formlene ovenfor gjelder uansett.

### Behandling av bompenger

Dersom bilistene i det området som studeres betaler bompenger, skal endringer i betalte bompenger med i kalkylen. Dette er selvfølgelig bare aktuelt dersom reisemiddelfordelingen påvirkes av prosjektet. Bompengene inngår i de nye bilistenes betalingsvillighet, og skal således kalkuleres inn i målet på nytten tilknyttet veiprojektet. Vi får altså i dette tilfellet derfor en tilleggspost:

$$[4] \quad \Delta B = \sum_{ij} b_{ij} \cdot \Delta X_{ij}^{bil}$$

hvor  $b_{ij}$  er bompengesatsen for en reise mellom  $i$  og  $j$ .

### Overføring av reiser fra kollektivtransport

En andel -  $a_{ij}^{kol}$  - av de nye bilistene vil overføres fra kollektivtrafikk. Dette gir et inntektsbortfall for kollektivselskapene på:

$$[5] \quad \Delta I^{kol} = \sum_{ij} c_{ij}^{kol} \cdot a_{ij}^{kol} \cdot \Delta X_{ij}^{bil}$$

hvor  $c_{ij}^{kol}$  er kollektiv-taksten.

Et lite men ikke uvesentlig tillegg bør i tillegg kalkuleres inn dersom veiprojektet gir mange nye bilturer og kollektivtakstene ikke reflekterer marginalkostnadene ved kollektivtrafikk. Et sentralt spørsmål er i denne sammenheng om takstene for kollektivtrafikken,  $c_{ij}^{kol}$ , gjenspeiler marginalkostnaden,  $z_{ij}^{kol}$ , ved fremskaffelse av tilbudet. Med dagens flate takstsystem for kollektivsystemene vil det vanligvis være slik at,  $c_{ij}^{kol} < z_{ij}^{kol}$  i rushtidene og  $c_{ij}^{kol} > z_{ij}^{kol}$  utenom rushtidene. Dersom dette er tilfelle skal man inkludere et ledd i kalkylen for veiprojektet på:

$$[6] \quad \Delta V^{kol} = \sum_{ij} z_{ij}^{kol} \cdot a_{ij}^{kol} \cdot \Delta X_{ij}^{bil}$$

hvor  $\Delta V^{kol}$  representerer besparelser i driften av kollektivsystemet.

Problemet i denne sammenheng vil bestå i å beregne marginalkostnaden,  $z_{ij}^{kol}$  mellom soner. Dersom andelen nye bilister overført fra kollektivsystemet er lav, taler dette derfor for å se bort ifra denne posten i regnestykket.

## Behandling av særavgifter og eksterne kostnader hvis avgiftene reflekterer kostnadene ved bilbruk

Hvis vi kan forutsette at bilavgiftene på en tilfredsstillende måte reflekterer kostnader ved veghold, trafikkulykker og miljøulemper som varierer med antall bilkilometer i vegnettet og at kollektivtakster på tilsvarende måte reflekterer marginalkostnader ved kollektivtrafikk, **så vil beregninger foretatt med formlene ovenfor gi det alt vesentlige som er knyttet til endringer i trafikkvolum og generaliserte reisekostnader og som skal med i en N/K-analyse.** Beregninger tyder på at særavgiftene på bruk av privatbil til en viss grad er kostnadsriktige (Eriksen og Hovi, St meld. 32), i hvert fall landsgjennomsnittlig betraktet. Når det gjelder tungtrafikk ser det ut til at avgiftene ikke er kostnadsriktige og at denne trafikken ikke betaler sine samfunnsøkonomiske kostnader fullt ut. I bytrafikk er kunnskapen vesentlig mindre både for lett og tung biltrafikk, slik at det ikke kan trekkes entydige konklusjoner for denne trafikken.

Det som uansett kommer i tillegg er de direkte prosjektrelaterte kostnader f eks knyttet til at et veganlegg blir etablert nær eksisterende bebyggelse eller at anlegget drenerer trafikk vekk fra eksisterende veier hvor miljøulempene er større. I denne forbindelse vil det være riktig og nødvendig å regne på miljøkostnader. For omgivelsene får vi en endring som primært skyldes mindre avgassutslipp og ulykker:

$$[7] \quad \Delta E_2^{\text{bil}} = \sum \sum_{ij} \Delta e_{ij}^{\text{bil}} \cdot (X_{ij}^{\text{bil}} - 1)$$

der  $\Delta e_{ij}^{\text{bil}}$  er *endrede miljø-/ulykkes- kostnader forårsaket av en biltur mellom i og j*. Verdien av endringer i trafikkulykker, miljøulemper mm **som følger av endret reisevolum** på ulike reiserelasjoner vil imidlertid balansere mot endringen i statens avgiftsinntekter fra biltrafikk og vil derved «nettes ut» i en samfunnsøkonomisk kalkyle **dersom avgiftene er kostnadsriktige.**

For eksisterende biltrafikk vil prosjektet kunne endre de privatøkonomiske kjørekostnader,  $c_{ij}^{\text{bil}}$ . Denne endring er som nevnt summen av endringen i realøkonomiske bildriftskostnader (kjørekostnader ekskl avgifter) og endringen i biltrafikkens betaling av avgifter. Reduksjonen i trafikantenes avgiftsbetaling balanserer mot reduksjonen i statens avgiftsinntekt, dvs dette er en finansiell overføring mellom trafikanter og det offentlige som «nettes ut» av regnestykket. Dette gjelder uavhengig av om særavgiftene er kostnadsriktige. Derfor har man hittil bare regnet *besparelser i realøkonomiske kjørekostnader* og sett helt bort fra særavgiftene når det gjelder eksisterende trafikk.

Hvis særavgiftene er kostnadsriktige vil imidlertid også avgiftsreduksjonen motsvare reduksjonen i vegholdskostnader + miljø- og ulykkeskostnader. Dette innebærer i såfall at den privatøkonomiske besparelse for eksisterende

biltrafikk også motsvarer *den samfunnsmessige besparelse* og at endringen i eksisterende biltrafikks betaling av avgifter egentlig blir et mål på endringen i variable vegholds, miljø- og ulykkeskostnader.

### Behandling av særavgifter og eksterne kostnader hvis avgiftene ikke er kostnadsriktige

Hvis priser/avgifter på bruk av bil ikke er kostnadsriktige vil man få visse korreksjonposter som avhenger av forskjellen mellom priser/avgifter og marginalkostnader (dvs kostnader som varierer med trafikkvolum) og endringer i trafikkvolum mm.

Vi betrakter fremdeles et veiprojekt. Innføring av prosjektet gir en del nye bilreiser overført fra andre reisemidler eller nygenerert trafikk. Dette gir en effekt på miljøkostnader gitt ved:

$$[8] \quad \Delta E_1^{bil} = \sum \sum_{ij} e_{ij}^{bil} \cdot \Delta X_{ij}^{bil}$$

der  $e_{ij}^{bil}$  er miljø-/ulykkes- kostnader *forårsaket av en biltur mellom i og j*. Man vil også få en utgiftsøkning i vegholdskostnader:

$$[9] \quad \Delta V^{bil} = \sum \sum_{ij} v_{ij}^{bil} \cdot \Delta X_{ij}^{bil}$$

der  $v_{ij}^{bil}$  er trafikkavhengige vegholdskostnader. Som en følge av økt biltrafikk vil statskassen få en økning i avgiftsinntekter på :

$$[10] \quad \Delta T_1^{bil} = \sum \sum_{ij} t_{ij}^{bil} \cdot \Delta X_{ij}^{bil}$$

der  $t_{ij}^{bil}$  er *kjøreavhengige bilavgifter for bilturer mellom i og j*. Prosjektet gir imidlertid bedre fremkommelighet og reduserte kjørekostnader. Endring i kjørekostnadene vil også påvirke statens avgiftsinntekter på grunn av mindre køkjøring og derved mindre drivstofforbruk. For statskassen kan vi skrive effekten som:

$$[11] \quad \Delta T_2^{bil} = \sum \sum_{ij} \Delta t_{ij}^{bil} \cdot (X_{ij}^{bil-1})$$

hvor  $\Delta t_{ij}^{bil}$  er *endring i avgiftsinntekt pr biltur*. Den samfunnsmessige nettoinntekt av veiprojektet kan nå skrives som:

**Prosjektets nettoinntekt =**

$$\Delta Q^{bil} + \Delta B - \Delta I - \Delta V^{kol} - \Delta W^{bil} + \{\Delta T_1^{bil} - \Delta T_2^{bil} - \Delta V^{bil} - \Delta E_1^{bil} - \Delta?\} - \Delta E_2^{bil}$$

(+        (+)    (+)    (?)        (+)        (+)    (+)    (+)    (+)                    (-)

der  $\Delta W^{bil}$  er anleggskostnaden og de andre symbolene er kjent fra før.

**Dersom man har kostnadsriktige bilavgifter vil summen av de poster som inngår i klammeparentesen være null. Det er mye som taler for at vegetaten normalt bør kunne regne som om priser/avgifter er kostnadsriktige dersom den ikke direkte pålegges av**



**Finansdepartementet eller Samferdselsdepartementet å gjøre noe annet. Dette vil også innebære at man - for trafikken del - i stor grad kan konsentrere seg om prosjektenes betydning for (privatøkonomiske) kjørekostnader og tidskostnader og regne med at endringer i privatøkonomiske kjørekostnader tilsvarer endringer i samfunnsøkonomiske kjørekostnader.**

For prosjekter som berører spesielt miljø-sensitive områder kan det imidlertid tenkes at man bør regne spesielt på miljøkostnader som skyldes endringer i trafikkvolum eller veivalg.

### **Oppregning til årlige effekter**

Avhengig av den transportmodell som benyttes må man gjennomføre beregningen ovenfor for ulike markedssegmenter og tidsperioder og summere opp til et resultat som gjelder for trafikken på årsbasis. I byområder hvor avviklingsforhold i vegnettet og kollektivtilbudet varierer over døgn og ukedager vil man trolig få mest realistiske resultater ved å operere på timetrafikk for typiske avviklingssituasjoner og multiplisere resultatet med antall timer den aktuelle situasjon representerer på årsbasis.

## **2.3 Nytte/kostnads-analyser for kollektivprosjekter**

Hvis det er tale om et prosjekt som innebærer forbedring av kollektivtilbudet får man helt tilsvarende beregninger, men da for generalisert reisekostnad for kollektivtrafikk og kollektivturer. Den eneste forskjell er at man på inntektsiden skal ha med økningen i trafikkinntekter for kollektivsystemet når prosjektet gir mer kollektivtrafikk.

Når det ikke er køer er normalt  $\Delta K_{ij}^{bil} \approx 0$  (for alle  $i, j$ ) selv om det blir mindre biltrafikk og vi behøver ikke regne på biltrafikken. Det viktigste unntak er dersom man forbedrer kollektivsystemet i et område og i en periode hvor det er køer i vegsystemet. Generelt har vi ikke i norske byer et avgiftssystem som gjør at bilistene fullt ut dekker de køkostnader som de eventuelt påfører annen vegtrafikk i rushtiden. Ved analyse av kollektivtiltak i slike trafikksituasjoner må man ta hensyn til at økt kollektivtrafikk delvis vil skyldes overført biltrafikk og at mindre biltrafikk medfører bedre fremkommelighet i vegsystemet. Konsekvensen er da  $\Delta K_{ij}^{bil} < 0$  for noen sonerelasjoner og man bør da regne nye generaliserte reisekostnader for bilreiser og beregne effektene for bilreiser etter en av formlene ovenfor. Fra denne post skal man eventuelt trekke reduserte inntekter fra bompenger (NB! I modellberegningene bør dette gjøres utfra den nye likevektsituasjon).

Den privatøkonomiske kostnad for en reise med reisemåte  $m$  mellom sone  $i$  og  $j$  kan vi fremdeles skrive som:

$$[12] \quad K_{ij}^m = n_{ij}^m + g_{ij}^m + t_{ij}^m = c_{ij}^m + g_{ij}^m$$

I  $g_{ij}$  for kollektivtrafikk vil det inngå en veiet sum av gangtid, ventetid, tid i transportmiddel og antall overganger. Leddet  $n_{ij}^m + t_{ij}^m = c_{ij}^m$  er monetære kostnader for reisen mellom  $i$  og  $j$  inkl avgifter. Valg av alternativ for kollektivbetjening vil i første omgang påvirke  $g_{ij}$  for kollektivreiser. Sett at vi får en endring  $\Delta g_{ij}^{kol}$  som et resultat av bedret kollektivtilbud. Dette påvirker etterspørselen etter kollektivreiser som da endres med  $\Delta X_{ij}^{kol}$ . Vi finner da gevinsten for de opprinnelige kollektivtrafikanter (endringen i verdien av egeninnsatsen) som:

$$[13] \quad \Delta K^{kol} = \sum \sum_{ij} \Delta g_{ij}^{kol} \cdot X_{ij}^{kol}$$

Nytten for disse reiser er uendret. For nye kollektivtrafikanter kan vi imidlertid anslå nyttegevinsten ved:

$$[14] \quad \Delta U^{kol} = \frac{1}{2} \cdot \sum \sum_{ij} \Delta g_{ij}^{kol} \cdot \Delta X_{ij}^{kol}$$

Kollektivsystemet får en merinntekt:

$$[15] \quad \Delta I^{kol} = \sum \sum_{ij} n_{ij}^{kol} \cdot \Delta X_{ij}^{kol}$$

og har er endring i kostnader gitt ved:

$$[16] \quad \Delta V^{kol} = \sum \sum_{ij} z_{ij}^{kol} \cdot \Delta X_{ij}^{kol} + \Delta W^{kol}$$

hvor  $z_{ij}$  er marginalkostnad pr reise ved gitt tilbud og  $\Delta W^{kol}$  er kostnader ved å endre kollektivtilbudet (anleggskostnaden). En andel  $a_{ij}^{bil}$  av de nye kollektivreiser er tidligere bilførere. Dette gir en reduksjon i betalte bompenger på (dersom det er bompengebetaling i studieområdet):

$$[17] \quad \Delta B = \sum \sum_{ij} b_{ij} \cdot a_{ij}^{bil} \cdot \Delta X_{ij}^{kol}$$

og en effekt på miljøkostnader gitt ved:

$$[18] \quad \Delta E_1^{bil} = \sum \sum_{ij} e_{ij}^{bil} \cdot a_{ij}^{bil} \cdot \Delta X_{ij}^{kol}$$

der  $e_{ij}^{bil}$  er miljøkostnader forårsaket av en biltur mellom  $i$  og  $j$ . I vegholdskostnader vil man få en tilsvarende besparelse:

$$[19] \quad \Delta V^{bil} = \sum \sum_{ij} v_{ij}^{bil} \cdot a_{ij}^{bil} \cdot \Delta X_{ij}^{kol}$$

der  $v_{ij}^{bil}$  er trafikkavhengige vegholdskostnader. Som en følge av redusert biltrafikk vil statskassen få en reduksjon i avgiftsinntekter på :

$$[20] \quad \Delta T_1^{bil} = \sum \sum_{ij} t_{ij}^{bil} \cdot a_{ij}^{bil} \cdot \Delta X_{ij}^{kol}$$

der  $t_{ij}^{bil}$  kjøreavhengige bilavgifter for bilturer mellom i og j. I et købelastet vegsystem vil en overføring av reiser til kollektivtrafikk medføre at kjøreforholdene for den gjenværende biltrafikk blir bedre. Dette gir en gevinst for denne biltrafikk i form av redusert kjøretid, reduserte kjørekostnader og reduserte avgifter, som kan skrives<sup>1</sup>:

$$[21] \quad \Delta K_1^{bil} = \sum \sum_{ij} (\Delta C_{ij}^{bil}) \cdot (X_{ij}^{bil} - a_{ij}^{bil} \cdot \Delta X_{ij}^{kol})$$

$$[22] \quad \Delta K_2^{bil} = \sum \sum_{ij} (\Delta g_{ij}^{bil}) \cdot (X_{ij}^{bil} - a_{ij}^{bil} \cdot \Delta X_{ij}^{kol})$$

Endring i kjørekostnader for gjenværende biltrafikk vil også påvirke statens avgiftsinntekter på grunn av mindre kjøring og derved mindre drivstofforbruk. For statskassen kan vi skrive effekten som:

$$[23] \quad \Delta T_2^{bil} = \sum \sum_{ij} \Delta t_{ij}^{bil} \cdot (X_{ij}^{bil} - a_{ij}^{bil} \cdot \Delta X_{ij}^{kol})$$

hvor  $\Delta t_{ij}^{bil}$  er endring i avgiftsinntekt pr biltur. For omgivelsene får vi en endring som primært skyldes mindre avgassutslipp:

$$[24] \quad \Delta E_2^{bil} = \sum \sum_{ij} \Delta e_{ij}^{bil} \cdot (X_{ij}^{bil} - a_{ij}^{bil} \cdot \Delta X_{ij}^{kol})$$

Det er naturlig å regne med at endringer i statskassens overføringer til veimyndighet og kollektivsystem motsvarer endring i henholdsvis kostnad og over-/underskudd. Derved kan vi gjenta skjemaet ovenfor med endringer fra en situasjon til en annen og med de symboler som er innført ovenfor. Den samfunnsmessige netto-inntekt av kollektivinvesteringen kan nå skrives som:

**Prosjektets nettoinntekt =**

$$\Delta I^{kol} + \Delta U^{kol} + \{ \Delta T_1^{bil} - \Delta T_2^{bil} - \Delta V^{bil} - \Delta E_1^{bil} - \Delta ? \} - \Delta V^{kol} - \Delta K^{kol} - \Delta B - \Delta K_1^{bil} - \Delta K_2^{bil} - \Delta E_2^{bil}$$

Dersom man har kostnadsriktige bilavgifter vil summen av de poster som inngår i klammeparentesen være null som før. Dette er kostnader og inntekter som endres ved biltrafikkvolumet og summen vil bare gi et positivt bidrag dersom biltrafikk i utgangspunktet er underpriset i den forstand at de distanseavhengige avgiftene er mindre enn de distanseavhengige eksterne kostnader. Vi skal imidlertid merke oss at så lenge det er særavgifter på drivstoff og biler så er det bare *differensen* mellom distanseavhengige avgifter og distanseavhengige eksterne kostnader som vil inngå i kalkylen. En annen måte å oppsummere postene på er følgende:

---

<sup>1</sup> Disse to postene motsvarer «rektangeldelen» av posten  $\Delta Q^{bil}$  i avsnitt 2.2

|   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| $\Delta I^{kol} + \Delta U^{kol}$   | = inntekten av mer kollektivtrafikk   |
| (+) (+)   |                                       |
| $\{\Delta T_1^{bil} - \Delta T_2^{bil} - \Delta V^{bil} - \Delta E_1^{bil} - \Delta?\}$ | = nettoeffekt av avgifter og eksterne |
| kostnader   |                                       |
| (-) (-) (-) (-)   | ved endring i biltrafikken            |
| $-\Delta V^{kol}$   | = merkostnaden for kollektivsystemet  |
| (+)   |                                       |
| $-\Delta K^{kol}$   | = forbedringen for eksisterende       |
| kollektivtrafikanter  |                                       |
| (-)   |                                       |
| $-\Delta B$   | = inntekstbortfall for bomselskapet   |
| (+)   |                                       |
| $-\Delta K_1^{bil} - \Delta K_2^{bil} - \Delta E_2^{bil}$                               | = fordel av bedre fremkommelighet for |
| biltrafikken  |                                       |
| (-) (-) (+)   |                                       |

Under de enkelte poster har vi i parentes satt det fortegn som må forventes ved et prosjekt som innebærer en forbedring av et kollektivsystem (NB!  $-(-) = +$ ). Som det fremgår av uttrykket for de ulike poster i kalkylen er de resultater man får fra transportmodellen helt sentrale for resultatet og disse kan beregnes på grunnlag av matriser som er input eller output til transportmodellen. Resten er i stor grad et spørsmål om enhetspriser, endring i driftskostnader ( $\Delta W$ ) og kvantifisering av miljøulempen.

I blant trekkes flere faktorer inn i samfunnsøkonomiske kalkyler for transportprosjekter. Generelt vil det imidlertid være slik at dersom man tar med forhold utover dem som er spesifisert i det skjemaet som ble vist innledningsvis, så vil det foreligge en stor fare for dobbeltelling av inntekter og/eller kostnader.

Det er kanskje grunn til å understreke at slik anvendelse av transportmodeller som vi her har antydnet innebærer at vi betrakter hver reiserelasjon som et delmarked og at resultatet fremkommer ved at man summerer over alle delmarkeder.

## 3 Krav til inngangsdata fra transportmodeller

Beregning av alle poster som inngår i skjemaet innledningsvis og i formlene ovenfor, bortsett fra  $\Delta W$ , er avhengig av inngangsdata fra transportmodellen. Vi kan derfor si at kvaliteten på en samfunnsøkonomisk kalkyle ikke kan bli bedre eller mer nøyaktig enn den transportmodell som ligger til grunn for etterspørselsanalysene.

Fra transportmodellen får vi stort sett tre typer inngangsdata til de økonomiske kalkyler:

1. Kvantumsendringer (endringer i turmatriser) som er grunnlaget for beregning av  $X_{ij}^m$ ,  $\Delta X_{ij}^m$  og  $a_{ij}^m$
2. Etter nettutlegging får vi matriser for reisetider og kjørekostnader som er grunnlaget for beregning av bl a  $\Delta g_{ij}^m$  og  $\Delta n_{ij}^m$
3. Etter nettutlegging får vi også trafikkbelastningen og tider på de enkelte lenker i systemet. Dette gir grunnlag for å beregne  $\Delta E_1^{bil}$ ,  $\Delta E_2^{bil}$ ,  $\Delta T_1^{bil}$  og  $\Delta T_2^{bil}$  direkte fra lenkedata uten å gå veien tilbake om turmatrisene.

En korrekt anvendelse av inngangsdata fra transportmodellen betinger at modellen beregner det vi kan betegne som likevektsløsninger. Dette innebærer at de tider og kostnader man får ved nettutlegging av trafikk skal være de samme tider og kostnader som motiverer etterspørselen. Likevektsproblemet er særlig viktig i forbindelse med russtrafikk. Forbedrer man kollektivsystemet vil det først skje et skift fra biltrafikk til kollektivtrafikk. Når kjøreforholdene etter dette blir bedre vil noen gå tilbake til bil. Dette forverrer i neste omgang kjørefoldene og biltrafikken blir igjen redusert.

Transportmodellen bør ideelt sett gi likevektsløsningen når denne iterasjonsprosess har konverget. Benytter man bare resultatene fra første step vil man overvurdere overføringen fra bil til kollektivtrafikk og derved også  $\Delta I^{kol}$  og  $\Delta U^{kol}$  og gevinsten knyttet til bedre fremkommelighet for biltrafikken ( $-\Delta K^{bil} - \Delta E_2^{bil}$ ). Utenom rushtid vil man i praksis kunne regne som om kjøreforholdene for biltrafikk ikke endres ved marginale endringer i trafikkvolumet og at likevektsløsningen oppnås umiddelbart.

Transportmodellen vil gi resultatene i form av endringer i turmatriser og tider/distanser. Dette må omregnes til økonomiske størrelser ved hjelp av enhetspriser. Full intern konsistens i beregningene ville innebære at man benyttet de tidsverdier som implisitt ligger i etterspørselsfunksjonene ( f eks logitmodell for reisemiddelvalg). Dette er et problem fordi man også har offisielle priser på

tid som benyttes ved samfunnsøkonomiske kalkyler for transportprosjekter, mens man samtidig ofte benytter etterspørselsmodeller med implisitte tidsverdier som avviker fra de offisielle.

Belastningen på bil-og kollektivnett varierer over døgnet. Dette innebærer at de størrelser som inngår i skjemaet (med unntak av investeringer) bør beregnes for representative situasjoner med hensyn til trafikkbelastning og kollektivtilbud. Resultatene for hver situasjon må så veies sammen på grunnlag av antall timer vedkommende situasjon representerer på årsbasis.

### 3.1 Konsistensproblemet

Generelt vil man ha et konsistensproblem i forbindelse med bruk av transportmodeller til N/K - analyser. Modeller vil være estimert og kalibrert på ulike datasett og med mer eller mindre velegnede metoder. I modellene vil det som regel ligge implisitte tidsverdier, mens man på den annen side ofte opererer med offisielle tidsverdier ved evaluering av effekter. En intern konsistens vil innebære at man også benytter modellens tidsverdier ved evalueringen.

På den annen side vil dette kunne innebære at man taper ekstern konsistens som i dette tilfellet innebærer at like tidsbesparelser evalueres likt fra prosjekt til prosjekt.

Problemet kan bare unngås hvis alle prosjekter evalueres med samme modell og modellen alltid har de samme parameterverdier som gir implisitte tidsverdier lik de offisielle. Dette er neppe en hensiktsmessig løsning. En modell kan godt fange opp etterspørselsendringer mm på en tilfredsstillende måte selv om ikke de implisitte tidsverdier samsvarer med de offisielle og motsatt.

For å unngå for stor vilkårligheter i prosjektevaluering er det derfor mye som taler for at man fortrinnsvis bør gi slipp på kravet om intern konsistens, og heller kreve at offisielle tidsverdier skal benyttes ved evaluering. Man bør imidlertid være oppmerksom på konsistensproblemet og ikke uten videre akseptere resultater fra modeller med helt ville implisitte tidsverdier i forhold til offisielle.

### 3.2 Kombinasjonen av endringer i arealbruk og transportsystem

Her kan det være tale om to prinsipielt forskjellige situasjoner.

A: I en kommune eller et område kan man f eks analysere ulike kombinasjoner av arealbruk/utbygging og transportsystem (jfr TP10). Intensjonen er å komme frem til et vedtatt utbyggingsmønster som offentlige myndigheter vil gå aktivt inn for å få realisert. Problemet med å analysere slike alternativer med samme metodikk som ovenfor er at det ikke

bare dreier seg om transport. Man har også utbyggingskostnader for kommunaltekniske anlegg og boliger/næringsarealer å ta hensyn til. I tillegg har folk bolig- og bostedspreferenser som kan være mer eller mindre i overensstemmelse med det som foreslås i ulike alternativer. Dette gjør at også nytte- og kostnadskomponenter som ikke direkte er relatert til transport kan variere mye mellom alternativer.

Hvis man her skal komme noen vei i retning av N/K-analyse må man enten gå inn i alle disse spørsmål eller man må gjøre en dristig forutsetning som i blant kan være tillatelig. Denne forutsetning går ut på at det arealbruksmønster som tilhører hvert transportsystem er slik at markedet vil frembringe akkurat dette arealbruksmønster til dette transportsystem dersom transportsystemet etableres.

Da vil beregningsmetoden som er angitt ovenfor fremdeles gjelde fordi alle tilpasninger kan betraktes som frivillige tilpasninger til det man gjør med transportsystemet.

B: Denne er nær knyttet til den dristige forutsetning, men har også nær tilknytning til ringvirkningsproblematikk. Her er poenget at en større utbygging av transportsystemet vil kunne påvirke fremtidig lokalisering av boliger og næringsvirksomhet. I modell-sammenheng vil dette innebære det (over tid) er en tilbakevirkning fra endringer i generalisert reisekostnad til genererings og attraheringsvariable som karakteriserer de enkelte soner.

I soner som har fått forbedret sin tilgjengelighet i forhold til andre soner vil man da få mer utbygging som igjen fører til at flere reiser genereres/attraheres for disse soner. I en N/K-analyse innebærer dette ikke noe prinsipielt nytt. Formlene ovenfor vil fremdeles gi en tilnærmet riktig samfunnsøkonomisk evaluering av endringene.

Hovedproblemet ligger her på modellsiden hvor den nevnte tilbakevirkning i dag ikke finnes i de tradisjonelle transportmodeller. Det er også grunn til å understreke at denne type tilbakevirkninger er særdeles vanskelige å håndtere både empirisk og metodisk. Formelt sett kan man også si at forskjellen mellom ikke å ta hensyn tilbakevirkning og å ta hensyn til en slik tilbakevirkning representerer forskjellen mellom å operere med en kortsiktig og en langsiktig etterspørselsfunksjon.

Kvantitativt er denne (langsiktige) effekt vanligvis av helt underordnet betydning. Den gir en viss økning i nygenerert trafikk utover det man vil få uten slik tilbakevirkning, men økningen vil normalt komme gradvis over tid og vil følgelig bli kraftig diskontert når man skal beregne nåverdien for prosjekter.

Siden det her dreier seg om en vanskelig kvantifiserbar effekt som i tillegg normalt vil ha liten betydning i en kalkyle, er det mye som taler for at man bør utelate den. Alternativet vil som regel være å legge inn ad hoc - pregede og skjønnsmessige vurderinger som kan være meget diskutabile. (jfr også arb.dok TRU/0266/92 Økonomisk analyse av transportinvesteringer og deres betydning for utkantstrøk)

### 3.3 Utvikling over tid

Fremstillingen ovenfor gjelder modellberegninger for et gitt år. Ved prosjektvurdering skal man i prinsippet sammenlikne en referansebane eller referanseutvikling uten prosjektet med den utvikling man vil få med prosjektet. I prinsippet burde man da gjøre en full modellberegning for hvert år i f eks en 20-årsperiode for et referansealternativ. Ved denne beregning skal man ta hensyn til utvikling i befolkning, næringsvirksomhet mm for de enkelte soner, inntektsutvikling (og tilhørende endring i enhetspriser for tidskostnader) og bilholdsutvikling mm. Tilsvarende modellberegninger bør man så gjøre for hvert år med de endringer i generalisert reisekostnad som følger av det prosjekt som er under vurdering. Deretter beregnes endringer i trafikantnytte for hvert år med metoden ovenfor.

For praktiske formål vil det som regel være tilstrekkelig å gjennomføre fulle beregninger for f eks hvert femte år og interpolere totalresultatene for mellomliggende år.

En første sjekk på prosjekter burde egentlig være å vurdere avkastningen første år. Hvis denne er negativ bør prosjektet i det minste utsettes. Dette kan man gjøre ved å kjøre modellen for første år prosjektet forventes å være i full bruk og beregne nytten av prosjektet som ovenfor. Dette kan sammenlignes med summen av prosjektets årlige driftskostnader og kapitalkostnader (kapitalkostnader da beregnet som annuitet).

### 3.4 Avhengighet mellom prosjekter

Innledningsvis var vi inne på spørsmålet om avhengighet mellom prosjekter. Symbolsk kan avhengighet mellom prosjekter uttrykkes som:

$$N(A) + N(B) \neq N(A+B)$$

hvor  $N(A)$  og  $N(B)$  står for nytten av hhv prosjekt A og B når man beregner nytten ved at prosjektene hver for seg legges til eksisterende transportsystem.  $N(A+B)$  er nytten når begge prosjekter legges til eksisterende system. Ulikheten kan her gå begge veier. Når det er sterk avhengighet mellom prosjekter kan man gjøre store feil ved å se ett og ett prosjekt isolert. På den annen side kan man også gjøre store feil ved å slå alle prosjekter sammen til en pakke og bare regne på nytten av hele pakken. I det siste tilfellet kan det godt hende at enkelte prosjekter kan tas ut av



pakken uten at det påvirker nytten i vesentlig grad. Strengt tatt bør man i slike tilfeller regne på ulike kombinasjoner av prosjekter for å kunne sette sammen en optimal pakke.

Dette kan man tillate seg med noen få prosjekter hvor man vet eller tror at det er innbyrdes avhengighet. Antall mulige kombinasjoner øker imidlertid dramatisk med antall prosjekter og det må i slike tilfeller utvises et faglig skjønn mht hvilke kombinasjoner av prosjekter som velges ut for nærmere analyse.



## 4 Beregninger av inngangsdata til nytte/kostnads-analyser med planleggingsverktøyet EMMA

Praktisk gjennomføring av N/K-analyser med en transportmodell starter som oftest med koding av ulike alternative prosjekter eller kombinasjoner av prosjekter i en nettverksdatabase. Antall alternativer og kombinasjoner av alternativer som ønskes studert er ofte stort. Det kan derfor være hensiktsmessig med en grovsortering og rangering av alternativene. Dette muliggjør en selektiv utvelgelse av alternativer som skal gjennomgå fulle modellberegninger.

Første trinn i prosessen vil bestå i å etablere et godt referansealternativ. Det er her vanlig å legge inn påbegynte og vedtatte prosjekter, eller transport-tilbudet slik det vil se ut i en nær og kjent fremtid. Dette referansealternativet benyttes så til å lage trafikkprognoser, i form av OD-matriser for hvert reisemiddel, for et antall fremtidsår med transportmodellen. Disse prognosene kan benyttes i grovsorteringen av de resterende alternativer.

I byområder er det som nevnt nærmest et krav at det beregnes prognoser for timestrafikk for typiske trafikkperioder. Spesielt er dette viktig i byområder med kø i rushtidene. TØI har tidligere operert med 8 representative timesperioder for trafikken i Oslo-området (3 matriser for rush-morgen, matrise for dagtrafikk, 3 matriser for rush-ettermiddag og matrise for lavtrafikk). En inndeling i 4 timesperioder kan imidlertid for praktiske formål anses som tilstrekkelig. Fremskaffelse av matrisene skjer vanligvis med transportmodellen etter at denne er kalibrert mot de data den er estimert på og andre data (tellingene mm) fra den tidsperioden estimeringsdata er hentet fra. Matriser kan imidlertid også fremskaffes på andre måter.

Når matrisene fremskaffes med en 4-trinnsmodell har man som oftest et godt grep med turproduksjon og turfordeling. Dersom man opererer med trengselsavhengige reisekostnader for bilalternativet, er imidlertid reisemiddelvalget i en tradisjonell 4-trinns modell mindre korrekt behandlet. Dette fordi resultatene fra modellen da strengt tatt ikke er basert på en likevektsløsning i reisemiddelvalget (jfr avsn. 3). Det kan derfor være nødvendig å modellere reisemiddelvalget mer realistisk. Dette kan eventuelt gjøres med en egen tilleggsmodell i EMMA.

Matrisene for hvert reisemiddel er vanligvis aggregert over reiseformål, dvs at de inneholder «alle» reiser som gjennomføres i det tidsintervallet matrisene representerer. Fordelingen på reiseformål varierer sterkt over døgnet. Reiser med ulike formål har ulike tidsverdier. Ideelt sett skulle man hatt matriser for hvert enkelt reiseformål i hver tidsperiode. Eventuelt kunne man operert med en inndeling basert på reiseformål med stort volum og ulike tidsverdier og et

aggregat av øvrige formål. I praksis vil imidlertid flere matriser for hvert reisemiddel i hver periode komplisere beregningene, både håndteringsmessig i forhold til datamengde og beregningsteknisk i forhold til de begrensningene som ligger i analyseverktøyet.

Transportmodellene produserer matriser for persontransport innenfor studieområdet. Det er derfor ofte nødvendig å supplere med matriser for eksterntrafikk inn/ut av studieområdet og matriser for vare og godstransport på vei, som også belaster kapasiteten i veisystemet.

Når grovsorteringen av alternativer er ferdig kjøres transportmodellen på noen få utvalgte alternativer. Dersom man varierer arealbruken i området med ulike fremtidssituasjoner må man ikke sammenblande resultatene fra kjøringene med ulike arealbruk. **I nytte/kostnadsanalyser skal alternativene som skal konsekvensberegnes og referansealternativet ha samme arealbruk.** Dette betyr at referansealternativet også må kjøres for alle alternative arealbruksvariasjoner.

## 4.1 Enhetspriser

Man vil aldri klare å benytte fullstendig korrekte enhetspriser på alle komponenter som skal prisfastsettes. Man må i stor grad basere seg på gjennomsnittlige betraktninger. Det er vanlig å skille mellom priser på goder som er omsettelige og priser på ikke-omsettelige goder. Markedspriser må splittes i en realøkonomisk del og en avgiftsdel. Prisene på ikke-omsettelige goder skal reflektere befolkningens, eller befolknings-segmentets betalingsvillighet for godet.

### Tidsverdier<sup>2</sup>

Som nevnt vil det ofte ligge implisitte tidsverdier i transportmodellene som benyttes til å lage trafikkprognoser. Disse kan variere fra modell til modell og mellom modeller for ulike områder avhengig av modellstruktur, datakvalitet og estimeringsmetode. Man vil kunne hevde at tidsverdier fra modeller i et studieområde i større grad reflekterer transportsystemet struktur enn offisielt fastsatte verdier, som ofte reflekterer et landsgjennomsnitt eller er fastsatt på bakgrunn av ulike betraktninger rundt betalingsvillighet.

TØI vil likevel foreslå at man bruker «offisielle» tidsverdier for trafikantene. Tabell 4.1.1 under viser verdier for de trafikantgruppene som benyttes i EFFEKT5. Tallene gjelder pr reise. For bilalternativet må tallene derfor korrigeres med passasjerbelegg. For alle reisemidler må tallene vektet med antall reiser i hver reisehensikt. Dette må gjøres for hver periode.

Transportmodellen FREDRIK gir totalt antall reiser fordelt på reisehensikt for hver periode. Denne er benyttet til å anslå fordelingen på reisehensikt etter inndelingen i tabell 4.1.1 for de 4 representative timesintervallene. Gjennomsnittlig tidsverdi for persontrafikken i de 4 periodene er beregnet ut

---

<sup>2</sup> Kilde: «VD - Håndbok 140 Del 1»

ifra sammensetningen i reiseformål for reisene i perioden. Resultatene av disse beregningene er vist i tabell 4.1.2 under.

Tabell 4.1.1 Tidsverdier etter reisehensikt

| tidsverdi       | kr pr bil | kr pr reise | kr pr minutt |
|-----------------|-----------|-------------|--------------|
| vare/gods       | 272.1     |             | 4.5          |
| reiser i arbeid | 198.2     | 152.5       | 2.5          |
| arbeidsreiser   | 65.1      | 46.5        | 0.8          |
| øvrige reiser   | 65.9      | 31.4        | 0.5          |

Tabell 4.1.2 Tidsverdier etter periode, vektet etter sammensetning på reiseformål.

| tidsverdi kr/t   | biler (inkl passasjer) | bilreiser | kollektivreiser |
|------------------|------------------------|-----------|-----------------|
| vare/gods        | 272.1                  |           |                 |
| morgenrush       | 52.8                   | 48.7      | 43.4            |
| dagtrafikk       | 70.2                   | 64.0      | 52.2            |
| ettermiddagsrush | 58.7                   | 54.1      | 48.8            |
| lavtrafikk       | 50.8                   | 43.9      | 45.5            |

### Privatøkonomiske og realøkonomiske driftskostnader og avgifter for biltrafikk<sup>3</sup>

De privatøkonomiske kostnadene ved en biltur inkluderer utgifter til drivstoff, olje, dekkslitasje, reparasjon/service og en andel av kapitalkostnadene. De privatøkonomiske kostnadene skal regnes inklusiv særavgifter og mva<sup>4</sup>. Drivstoffkostnadene vil variere med kjørehastighet, og kan være ganske store ved mye kjøring. Det kan imidlertid stilles spørsmål om hvor stor andel av de privatøkonomiske kostnadene som tas hensyn til når bilistene velger transportmiddel og reiserute.

I en rutevalgmodell kan en ta hensyn til at bilistene, i tillegg til kjøretid, også har kjørekostnader som spiller en rolle i rutevalget. En viktig begrensning i disse modellene er at kjørekostnadene ikke kan variere med kjørehastighet eller kjøretid (med mindre man manipulerer volume-delay-funksjonene direkte). En vanlig generalisert kostnadsfunksjon som er målt i tid kan skrives på formen:

$$[25] \quad G(x) = t(x) + L k/a$$

hvor  $t(x)$  er en trengselsavhengig kjøretidsfunksjon,  $L$  er kjøreavstand,  $k$  er de distanseavhengige privatøkonomiske kjørekostnadene og  $a$  er tidsverdien for bilistene. En slik funksjon benyttes i rutevalgsberegningene. Vi antar da at  $k$  representerer driftskostnadene ved optimal kjørehastighet, og at det er denne kostnaden bilistene tar hensyn til i rutevalget.

<sup>3</sup> Kilde: «VD - Håndbok 140 Del 1»

<sup>4</sup> Vi forutsetter at konsumet er konstant slik at reduksjoner i betalt mva knyttet til transport gir en tilsvarende økning i mva betalt i forbindelse med kjøp av andre goder.

Selv om bilistene ikke tar hensyn til de fulle privatøkonomiske kostnadene ved en biltur, er det riktig å regne besparelser i driftskostnader i en samfunnsøkonomisk analyse. Dette skyldes at disse besparelsene er en monetær besparelse, og disse midlene kan da benyttes til kjøp av andre goder. Av denne årsak kan det derfor være faglig både forsvarlig og tilrådelig å regne på endringer i driftskostnader med en ettermodell hvor driftskostnadene er hastighetsavhengig, selv om vi av beregningstekniske grunner ikke samtidig kan opprettholde konsistens med beregninger av bilistenes rutevalg. Ved et veiprojekt som bedrer fremkommeligheten, antar vi altså at bilistene kommer bedre ut økonomisk enn det de tar hensyn til i reisemiddel- og rutevalget.

Tabell 4.2.1 Gjennomsnittlige km-avhengige kjørekostnader fordelt på privatøkonomiske og realøkonomiske kostnader og særavgifter. Personbiler

| Delkostnad     | monetær kostnad<br>(inkl. mva) | realøkonomisk driftskostnad | særavgifter |
|----------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------|
| Drivstoff      | 0.76                           | 0.21                        | 0.42        |
| Olje           | 0.04                           | 0.03                        | 0.00        |
| Dekk           | 0.07                           | 0.06                        | 0.00        |
| Rep og service | 0.28                           | 0.23                        | 0.00        |
| Kapitalkostnad | 0.46                           | 0.26                        | 0.11        |
| Sum            | 1.60                           | 0.79                        | 0.53        |

Tallene som refereres i tabellene 4.2.1 og 4.2.2 er landsgjennomsnitt. Vi forutsetter at landsgjennomsnittet tilsvarer de verdiene man får ved optimal hastighet i bykjøring. Distanseavhengige realøkonomiske driftskostnader, eller samfunnsøkonomiske kostnader, for lette biler er, i følge VD håndbok-140, 0.86 kr/km og for tunge biler 2.42 kr/km. Begge tallene er ekskl. drivstoffavgifter, merverdiavgifter og importavgift, **men inkl. CO<sub>2</sub> avgiften og svovelavgiften**. Disse avgiftene utgjør i sum ca 0.09 kr/km for begge kjøretøyklassene, og må i denne sammenheng trekkes ut fra de realøkonomiske kostnadene. Tallene for realøkonomiske kostnader er sammensatt av drivstoffkostnad, slitasjekostnader (olje og dekk), reparasjonskostnader og kapitalkostnader (avskrivninger for godsbilene).

Tallene for avgiftene er hentet fra grunnlagsmaterialet for Håndbok-140. Avgiftene inkluderer drivstoffavgifter, CO<sub>2</sub> avgifter, svovelavgifter, og et distanseavhengig element av engangsgiften (investeringavgiften for godsbilene) knyttet til kapitalkostnaden. Engangsgiften på bilene inneholder et element av distanseavhengighet, ettersom bilene forringes jo mer de kjøres. Den monetære kostnaden, som bilistene faktisk betaler, er dermed inkl adferdsrelevante avgifter, bortsett fra eventuelle bomavgifter, parkeringsavgifter, fergekostnader mm. De totale monetære kostnadene er inkl merverdiavgifter (kun privatbiler).

Tabell 4.2.2 Gjennomsnittlige km-avhengige kjørekostnader fordelt på privatøkonomiske og realøkonomiske kostnader og særavgifter. Vare- og godsbiler

| Delkostnad     | monetær kostnad | realøkonomisk driftskostnad | særavgifter |
|----------------|-----------------|-----------------------------|-------------|
| Drivstoff      | 1.79            | 0.81                        | 0.98        |
| Olje           | 0.04            | 0.04                        | 0.00        |
| Dekk           | 0.32            | 0.32                        | 0.00        |
| Rep og service | 0.86            | 0.86                        | 0.00        |
| Avskrivning    | 0.33            | 0.31                        | 0.02        |
| Sum            | 3.34            | 2.34                        | 1.00        |

### Distanseavhengige eksterne kostnader (slitasje, miljø og ulykker)<sup>5</sup>

Distanseavhengige eksterne kostnader er beregnet av Eriksen og Hovi (1995). Det presiseres at beregningene kun omfatter de kortidsmarginale eksterne kostnadene, dvs kostnader ved en enhets trafikkøkning. Kostnadene omfatter også bare den eksterne andelen av kostnadene, dvs de kostnadene som ikke betales av transportmidlets eier eller bruker.

Eksterne kostnader for bensindrevne personbiler er 0.568 kr/km og for dieseldrevne personbiler 0.544 kr/km, og noe høyere for tilsvarende lette kombinerte biler. For tunge godsbiler er kostnaden i snitt 1.511 kr/km. Med utgangspunkt i disse data og tabeller over bilbestanden pr 31.12.93. kan vi beregne gjennomsnittlige kostnader for personbilene. Vi antar da at de dieseldrevne personbilene kjøres like langt som de bensindrevne. Et veiet snitt **for personbilene (inkl. en andel av de kombinerte bilene) er 0.57 kr/km og for vare- og godstransport er snittet altså 1.51 kr/km.** De eksterne kostnadene inkluderer elementer knyttet til lokale utslipp (Svevestøv, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, Nox, bly, mm), støy, ulykker og slitasje.

Beregningene til Eriksen og Hovi når det gjelder utslipp og støy, bygger på en «stated preference» undersøkelse av respondenter bosatt i Oslo og Akershus (Sælensminde og Hammer 1994). Dette er kombinert med beregninger fra utslippsmodellen for vegtrafikken (SFT) hvor bl.a. type kjøring (bykjøring, landevei, tettbygde og spredtbygde strøk) inngår. Betalingsviljen for reduserte utslipp er omregnet for alle plagede i tettbygde strøk på landsbasis. Betalingsviljen for redusert støy er beregnet med bakgrunn i alle personer som er rammet av vegtrafikkstøy. Beregningene for ulykkeskostnadene viser at 42 prosent av de totale ulykkeskostnadene er eksterne.

### Hastighetsavhengige privatøkonomiske kostnader, eksterne kostnader og særavgifter

Med bakgrunn i diskusjonen ovenfor har vi splittet de distanseavhengige kostnadene og avgiftene på to komponenter. Det er en del som varierer med kjøretøyenes hastighet og en del som er konstant mhp hastighet. Den faste komponenten på avgiftssiden er engangsavift og investeringsavgift for hhv

<sup>5</sup> Kilde: «TØI notat 1019/1995»

personbiler og godsbiler. De faste eksterne kostnadene omfatter komponentene støy, slitasje og ulykker, mens eksterne kostnader fra utslipp av avgasser, kan betraktes som hastighetsavhengig. De faste privatøkonomiske driftskostnadene omfatter alle komponenter bortsett fra drivstoff. Tabell 4.2.3 viser kostnads- og avgiftspostene fordelt på hastighetavhengige og faste komponenter.

Tabell 4.2.3 Gjennomsnittlige distanseavhengige kjørekostnader og avgifter fordelt på hastighetsavhengige og faste komponenter.

| komponent   | særavgifter |      | eksterne kostnader |      | totale driftskostnader inkl mva |      |
|-------------|-------------|------|--------------------|------|---------------------------------|------|
|             | variabel    | fast | variabel           | fast | variabel                        | fast |
| kjøretøy    |             |      |                    |      |                                 |      |
| personbiler | 0.42        | 0.11 | 0.28               | 0.29 | 0.76                            | 0.84 |
| vare/gods   | 0.98        | 0.02 | 0.71               | 0.80 | 1.79                            | 1.55 |

Det antas at de variable komponentene er mer eller mindre proporsjonal med forbruket av drivstoff. Dette er en rimelig antakelse for betalte avgifter, der drivstoffavgiftene dominerer. Størrelsen på utslippene av avgasser fra bilene er også avhengig av motorenes forbruk av drivstoff. Avhengigheten for hver utslippskomponent er imidlertid svært kompleks. I disse beregningene regner vi imidlertid med at *den eksterne kostnaden* forbundet utslippene er proporsjonalt avhengig av drivstoff-forbruket.

TØI har tidligere utviklet en metodikk for beregning av forbrenning av drivstoff på veilenker i et transportnett (Larsen og Rekdal, 1996). Denne metodikken tar utgangspunkt i data for forbruk av drivstoff etter kjøretøyenes hastighet (kjørekostnadshåndboken). Vi har estimert en formel som gjensker denne sammenhengen, hensyn tatt til turbulens, dvs økt forbrenning som følge av start/stopp og akselerasjon/oppbremsing, som er typisk for kjøring i bytrafikk.

Denne metodikken kan tilpasses problemstillingen knyttet til hastighetsavhengige og faste distanseavhengige kostnader. Formlene som kan benyttes til å beregne total kostnad for komponent k på lenke l kan for hhv personbiler [26] og godsbiler [27] skrives:

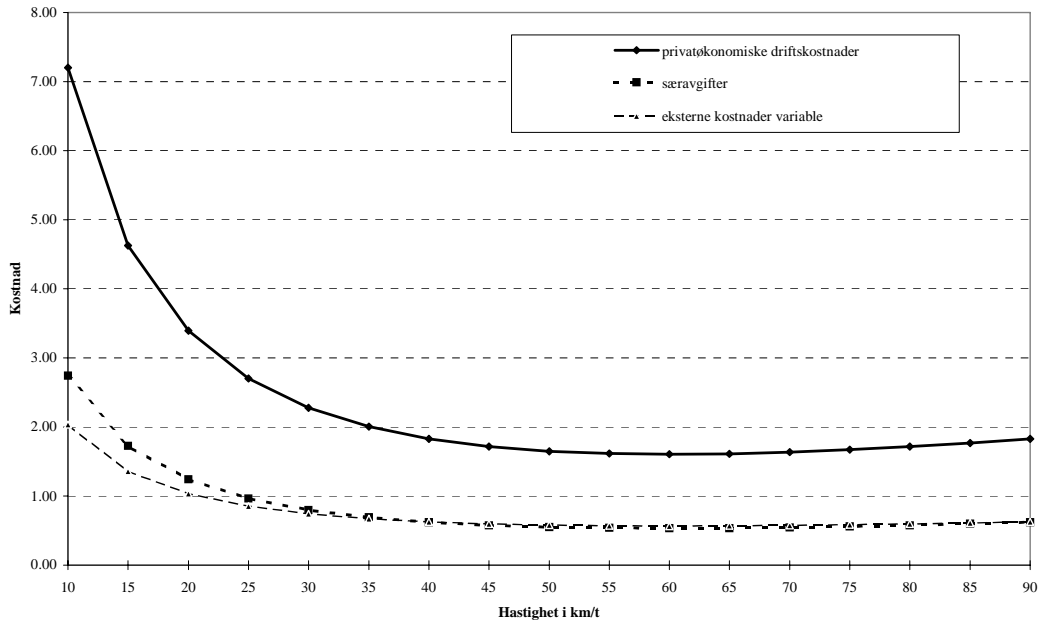
$$[26] TP_{kl} = X_l L_l [F_k + V_k ( 1.25 ( h_l/60 + 60/h_l ) - 1.5 )]$$

$$[27] TG_{kl} = X_l L_l [F_k + V_k ( h_l/45 + 45/h_l - 1 )]$$

hvor  $X_l$  er trafikkvolumet på lenke l,  $L_l$  er lenkelengden,  $F_k$  er den faste delen av kostnadskomponent k,  $V_k$  er den variable og  $h_l$  er hastigheten på lenke l. I diagram 4.2.4 og 4.2.5 vises formelene 26 og 27, benyttet på hhv personbiltrafikk og godstrafikk, med den fordelingen på faste og variable komponenter som er vist i tabell 4.2.3. Vi ser i det første diagrammet at kurven for eksterne kostnader for personbilene har sitt minimum ved 60 km/t på 0.53 kr/km. Diagrammet viser videre at de distanseavhengige særavgifter er høyere enn de eksterne kostnadene for hastigheter opp mot 40 km/t. Totale privatøkonomiske driftskostnader overstiger som vi ser 3 kr ved kjørehastigheter under 20 km/t.

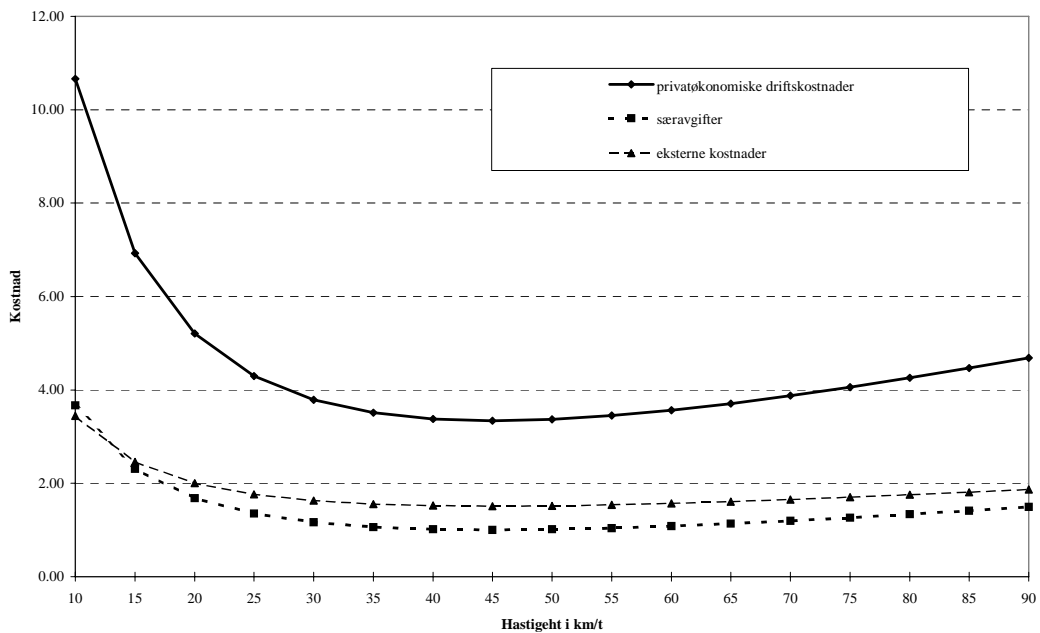


Diag. 4.2.4 Hastighetsavhengige kostnader og avgifter pr km for personbiler



De eksterne kostnader for vare- og godsbilene har sitt minimum ved 45 km/t på 1.51 kr/km. Diagram 4.2.5 viser videre at de generelle distanseavhengige særvgifter er høyere enn de eksterne kostnadene ved helt lave hastigheter. Ved høyere hastigheter er de eksterne kostnadene ved denne trafikken større enn særvgiftene som betales.

Diag. 4.2.5 Hastighetsavhengige kostnader og avgifter pr km for vare- og godsbiler



Sammenhengen mellom hastighet og privatøkonomiske kostnader, eksterne kostnader og særavgifter som vises i diagrammene 4.2.4 og 4.2.5, benyttes til å beregne endringer i hastighetsavhengige driftskostnader for bilistene, betalte særavgifter og eksterne kostnader på veilenkene. Avgiftene og de eksterne kostnadene summeres over alle lenker og det regnes bare på differanser i totalsummer mellom prosjekt-alternativene.

De privatøkonomiske kostnadene inngår i de generaliserte kostnadene for bilistene. Disse beregnes som en avstandsavhengig del, kr 1.6 pr km for lette biler og kr 3.34 pr km for tunge, som inngår i de generaliserte kostnadene som bilistene tar hensyn til i rutevalget (jfr formel [25]). Dette er de kostnadene som bilistene står overfor ved «optimal hastighet» hhv 60 km/t og 45 km/t. I tillegg beregnes hastighetsavhengige drivstoffkostnader for lette og tunge biler. Som diagrammene 4.2.4 og 4.2.5 viser er dette kostnader som påløper ved hastigheter lavere eller høyere enn hhv 60 km/t og 45 km/t. Ved lavere hastigheter er stiger drivstoffkostnadene, som diagrammene antyder, raskere enn ved høyere hastigheter. De hastighetsavhengige drivstoffkostnadene beregnes i egne matriser for hvert prosjekt-alternativ, og besparelsene beregnes på samme måte som besparelsene i de generaliserte kostnadene bilistene antas å ta hensyn til (med trapes-formel jfr avsnitt 2.2).

### **Bompenger<sup>6</sup> og kollektivtakster<sup>7</sup>**

Gjennomsnittlig inntekt for AS Fjellinjen pr lett bil er kr 9.- (med takststruktur og prisnivå som i 1994). For tunge biler antas gjennomsnittsinntekten å være omlag det dobbelte, altså kr 18.-. Begge tallene er kostnader for en rundtur. En veis kostnad er dermed det halve. Gjennomsnittlige kollektivtakster for Oslo og Akershus er vist i tabell 4.3 under. Tallene er justert med konsumprisindeksen for transporttjenester fra 1991 til 1994 nivå. Her er det altså ikke tatt hensyn til eventuelle vridninger i billettsalget.

Ved både vei- og kollektivprosjekter vil endringer i etterspørselen være sammensatt av ulike trafikantgrupper som har eller vil velge ulik betalingsform når det gjelder kollektivkort. Det er vanligvis vanskelig å skille mellom disse gruppene i transportmodellene. Det er imidlertid de mest elastiske trafikantene som skifter reisemiddel. Dette er trafikanter som har tilgang til andre alternativer. Dette taler for at vi kan benytte gjennomsnittlig ordinærpris mellom takstsonene til å beregne anslag på endringer i inntekter for kollektivselskapene. Denne er beregnet som prisene for de ulike kort- og billett-typene i 1991 veiet med antall solgte kort.

---

<sup>6</sup> Kilde: AS Fjellinjen

<sup>7</sup> Kilde: FREDRIK II. Hovedrapport, vedlegg C-8.

Tabell 4.3 Gjennomsnittlige kollektivtakster i Oslo og etter antall takstsoner (i Akershus og mellom Oslo og Akershus).

| antall takstsoner           | gjennomsnittlig ordinærpris | gjennomsnitt totalt (inkl. rabatt) |
|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Internt i Oslo              | 11.24                       | 5.68                               |
| 1 sonepassering             | 12.37                       | 6.76                               |
| 2 sonepasseringer           | 12.37                       | 6.76                               |
| 3 sonepasseringer           | 17.06                       | 10.45                              |
| 4 sonepasseringer           | 20.70                       | 12.79                              |
| 5 sonepasseringer           | 23.52                       | 15.44                              |
| 6 sonepasseringer           | 28.21                       | 17.39                              |
| 7 sonepasseringer           | 31.57                       | 19.34                              |
| 8 sonepasseringer           | 35.36                       | 21.62                              |
| 9 sonepasseringer           | 38.74                       | 23.57                              |
| 10 og flere sonepasseringer | 44.52                       | 26.20                              |

## 4.2 Beregningsrutiner i EMMA

TØI har laget prosedyrer som gjennomfører beregninger av de fleste postene i en samfunnsøkonomisk kalkyle som inngår i en nytte-/kostnadsanalyse for vei- og/eller kollektivprosjekter. Prosedyrene er skrevet på form av såkalte makroer (programmer) som settes igang fra EMMA. Det er 4 makroer, en for hver av de 4 representative trafikkperiodene som er definert (morgen, dagtrafikk, ettermiddag og lavtrafikk). Beregningsprosedyrene tar følgende data som input :

- transportnettene som inneholder det alternativet som skal analyseres og et veldefinert referansealternativ
- enhetsprisene som er beskrevet i avsnitt 3.1
- etterspørselsmatriser for referansealternativet og for det alternativet som skal analyseres (bilførermatriser, vare- og godsmatriser og kollektivmatriser for 4 perioder)

**Det er brukerens ansvar at alternativene som skal analyseres er forsvarlig kodet. Det er også brukerens ansvar å skaffe til veie etterspørselsmatrisene og sørge for at disse er fremskaffet på en faglig forsvarlig måte.**

Makroene startes fra hovedmenyen i EMMA. Brukeren skriver

```
~<nk_ppp.mac rb rk ab ak
```

hvor ppp er 31

periode (mor, dag, etm eller lav) og parameterne rb , rk, ab og ak er nummeret på hhv referansescenariet for vei, referansescenariet for kollektivtransport og de scenariene for vei og kollektivtransport som skal analyseres. Kollektiv- og veialternativene trenger altså ikke å være kodet i samme scenario. Dersom rb eller rk settes lik 0 hopper makroen over

beregningene for referansealternativet. Det forutsettes da at disse beregningene allerede er gjennomført ved tidligere kjøring og at resultatene er lagret i matrisene, og i egne rapportfiler. Rutebeskrivelsene for morgenrush, dagtrafikk, ettermiddagsrush og lavtrafikk for et alternativ må kunne leses inn i ett og samme scenario i EMMA. Det forutsettes at disse rutebeskrivelsene heter  $xk.ppp$ , hvor  $ppp$  er periode (mor, dag, etm eller lav) og  $xk$  er nummeret på kollektivscenariet. Makroene gjennomfører følgende beregninger for hver periode:

- Generalisert privatøkonomisk kostnadsbesparelse nye og gamle biler, lette og tunge biler:  $(\Delta Q^{bil})$
- Inntekter fra distanseavhengige særavgifter på lette og tunge biler (gir mulighet for å beregne  $\{\Delta T_1^{bil} - \Delta T_2^{bil}\}$ )
- Eksterne kostnader fra lette og tunge biler (gir mulighet for å beregne  $\{\Delta E_1^{bil} - \Delta E_2^{bil}\}$ )
- Endringer i inntekter for bomselskapet  $(\Delta B)$
- Generalisert tidsbesparelse gamle og nye kollektivtrafikanter  $(\Delta U^{kol} + \Delta K^{kol})$
- Endringer i inntekter for kollektivsystemet  $(\Delta I^{kol})$

Vi antar at morgenrushmatrisene er representativ for 460 timer pr år, dagtrafikkmatrisene for 2000 timer pr år, ettermiddagsrushmatrisene også for 460 timer pr år, og lavtrafikkmatrisene for resten av timene med trafikk<sup>8</sup>, dvs 3650 timer pr år. Disse tallene benyttes ved omregning til årlige effekter av tiltakene. Alle resultatene fra makroene er oppregnet til årlige effekter.

Makroene starter med beregninger for referansescenariet. Først beregnes generaliserte kostnader for lette og tunge biler. Til dette benyttes opsjonen *generalized cost multiclass assignment with class specific volumes* i EMMA. Denne opsjonen krever at de klassespesifikke volumene på lenker og i veikryss lagres i egne datafelt (extra attributes). Disse må defineres før beregningene kan begynne. I rutevalgsberegningene benyttes de distanseavhengige monetære kostnader fra tabell 4.2.1 (lette) og tabell 4.2.2 (tunge), omgjort til tid via tidsverdiene i tabell 4.1.2, til å beregne generaliserte kostnader (målt i tid). Det gjøres tilleggsberegninger for å ta hensyn til at de privatøkonomiske kostnadene er hastighetsavhengige. Til dette benyttes *additional options* modulen i rutevalgskjøringene til å plukke opp privatøkonomiske kostnader utover den km-avhengige delen av kostnadene, på lenkene i egne matriser. Disse behandles på samme måte som matrisene for generaliserte kostnader.

Når lenkevolumene, samt generaliserte kostnader for lette og tunge biler er bestemt, beregnes eksterne kostnader og betalte avgifter for lette og tunge

---

<sup>8</sup> dvs 18 timer pr døgn, 365 dager i året

biler med data fra tabell 4.2.3 og formlene [26] og [27]. **Dersom et prosjekt gir endringer i eksterne kostnader utover de endringene som skyldes endringer i trafikkvolumer/hastigheter, er det riktig å også innkalkulere dette som en ekstra post i kalkylen (jfr avsnitt 2.2, formel [7]).** Slike effekter blir imidlertid ikke beregnet gjennom makroene. Her må det altså eventuelt gjøres tilleggsberegninger.

Makroene beregner så generalisert reisetid for kollektivtrafikanter. Først leses beskrivelsen av kollektivrutene inn i scenariet. Deretter beregnes generalisert reisetid med rutevalg algoritmen for kollektivtransport.

Tilsvarende beregninger gjennomføres for det alternativet som skal konsekvensberegnes. Deretter kan generalisert kostnadsbesparelse for gamle og nye bilister, og generalisert tidsbesparelse for gamle og nye kollektivtrafikanter beregnes. Tidskostnadsbesparelser/km-avhengige driftskostnadsbesparelser, og hastighetsavhengig driftskostnadsbesparelse for gamle og nye bilister beregnes hver for seg. Disse besparelsene må summeres for å få totale besparelser for bilistene. Til slutt beregnes endringer i inntekter for bom- og kollektivselskapene. Disse inngår i de generaliserte kostnadene for trafikantene, men kan presenteres i egne poster.

Resultatene fra beregningene i EMMA skrives ut til egne resultatfiler. I disse filene vil selve regnestykkene og resultatene fra regnestykkene være dokumentert. Disse krever en viss etterbehandling f.eks i et regneark. Et eksempel på hvorledes dette kan gjøres er vist i tabellene 4.4.1 - 4.4.3. Tabell 4.4.1 viser hvilke beregninger som gjennomføres for hver periode, og resultatene fra en testberegning i EMMA<sup>9</sup>.

Tabellen viser videre hvilken resultatfil hver beregning er skrevet til og hvilket nummer beregningen har i rekken av beregninger som lagres i denne filen. Vi ser at det er to resultatfiltyper. Beregningene i som skrives til filene som heter *pkosx.rep*, gjennomføres for hvert vei-scenario. Her står p for periode (m, d, e eller k) og x er enten 1 eller 2 (hhv referanse- eller alternativscenariet). Beregningene som skrives til filene *pgenksty.rep* er **besparelser i forhold til referansescenariet**. Det er derfor ingen slike filer for referansescenariet (y=1 eller 2 betegner derfor her hhv vei- eller kollektivscenariet).

---

<sup>9</sup> Tallene i tabellen refererer ikke til et bestemt prosjekt, og må derfor ikke tas som en indikasjon på størrelsesorden som kan forventes.

Tabell 4.4.1 Resultater fra EMMA-beregninger, morgenrush

| beskrivelse av beregning                    | hentes fra filen | beregning nr | referanse      |                | reduksjon     |
|---|------------------|--------------|----------------|----------------|---------------|
|   |                  |              | bil+koll (x=1) | bil+koll (x=2) |               |
|   |                  |              |                |                | (x=1) - (x=2) |
| eksterne kostnader lette biler              | mkosx.rep        | 1            | 361086368      | 351173088      | 9913280       |
| eksterne kostnader tunge biler              | mkosx.rep        | 2            | 68131832       | 68105720       | 26112         |
| betalte avgifter lette biler                | mkosx.rep        | 3            | 371461984      | 355588704      | 15873280      |
| betalte avgifter tunge biler                | mkosx.rep        | 4            | 41013772       | 41242280       | -228502       |
| generalisert kostnadsbesparelse lette biler | mgenkst1.rep     | 1            |                | 29887440       |               |
| generalisert kostnadsbesparelse tunge biler | mgenkst1.rep     | 2            |                | 7424129        |               |
| ekstra besparelse i drivstoff lette biler   | mgenkst1.rep     | 3            |                | 1635618        |               |
| ekstra besparelse i drivstoff tunge biler   | mgenkst1.rep     | 4            |                | -105283        |               |
| endringer i bomintekter lette biler         | mgenkst1.rep     | 5            |                | 0              |               |
| endringer i bomintekter tunge biler         | mgenkst1.rep     | 6            |                | 0              |               |
| generalisert tidsbesparelse koll            | mgenkst2.rep     | 1            |                | 9168771        |               |
| endringer i inntekter for kollektivsystemet | mgenkst2.rep     | 2            |                | 0              |               |

I tabell 4.4.1 ser vi at alternativet gir opphav til mindre eksterne kostnader, både fra personbil- og tungtrafikk, enn referansescenariet. Dette er nettoeffekten av endret kjørelengde og endret hastighet/reisetid (i dette eksempelet holdes totaltrafikken konstant). Vi ser imidlertid at særavgifter betalt av lette bilister reduseres mer enn reduksjonen i eksterne kostnader fra denne trafikken.

Resultatene fra beregningene for dagtrafikk, ettermiddagsrush og lavtrafikk blir skrevet til tilsvarende filer som resultatene for morgenrushet, som vist i tabell 4.4.2. De eksterne kostnadene for tunge biler skal altså hentes fra beregning nr 2 i filene *dkost1.rep* og *dkost2.rep* mens generalisert kostnadsbesparelse for lette biler skal hentes fra beregning nr 3 i filen *dgenkst2.rep*.

Tabell 4.4.2 Resultater fra EMMA-beregninger, dagtrafikk

| beskrivelse av beregning                    | hentes fra filen | beregning nr | referanse      |                |
|---|------------------|--------------|----------------|----------------|
|   |                  |              | bil+koll (x=1) | bil+koll (x=2) |
| eksterne kostnader lette biler              | dkosx.rep        | 1            |                |                |
| eksterne kostnader tunge biler              | dkosx.rep        | 2            |                |                |
| betalte avgifter lette biler                | dkosx.rep        | 3            |                |                |
| betalte avgifter tunge biler                | dkosx.rep        | 4            |                |                |
| generalisert kostnadsbesparelse lette biler | dgenkst1.rep     | 1            |                |                |
| generalisert kostnadsbesparelse tunge biler | dgenkst1.rep     | 2            |                |                |
| ekstra besparelse i drivstoff lette biler   | dgenkst1.rep     | 3            |                |                |
| ekstra besparelse i drivstoff tunge biler   | dgenkst1.rep     | 4            |                |                |
| endringer i bomintekter lette biler         | dgenkst1.rep     | 5            |                |                |
| endringer i bomintekter tunge biler         | dgenkst1.rep     | 6            |                |                |
| generalisert tidsbesparelse koll            | dgenkst2.rep     | 1            |                |                |
| endringer i inntekter for kollektivsystemet | dgenkst2.rep     | 2            |                |                |

Når effektene for alle de 4 periodene er beregnet og skrevet inn i tabeller som 4.4.1 og 4.4.2, kan netto-nytte for alternativet beregnes. Dette kan også gjøres i et regneark, som vist i tabell 4.4.3.

Tabell 4.4.3 Beregninger av prosjektpakkens «netto-nytte» (mill kr pr år).

| POST | POST, MILL. KRONER PR ÅR  |    | MORGEN-<br>RUSH | DAG-<br>TRAFIKK | ETTERM-<br>RUSH | LAV-<br>TRAFIKK | SUM    |
|------|---|----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| 1    | Generalisert privatøkonomisk kostnadsbesparelse nye og gamle bilister |    | 38.84           |                 |                 |                 | 38.84  |
| 2    | Endring i avgiftsinntekter  |    | -15.64          |                 |                 |                 | -15.64 |
| 3    | Endring i miljøkostnader  |    | 9.94            |                 |                 |                 | 9.94   |
| 4    | Endring i inntekter fra bomsystemet                                   |    | 0.00            |                 |                 |                 | 0.00   |
| 5    | Endring i kostnader for veisystemet                                   | ib | 0.00            |                 |                 |                 | 0.00   |
| 1-5  | DELSUM A  |    | 33.14           |                 |                 |                 | 33.14  |
| 6    | Generalisert tidsbesparelse gamle og nye kollektivtrafikkantene       |    | 9.17            |                 |                 |                 | 9.17   |
| 7    | Endring i inntekter for kollektivsystemet                             |    | 0.00            |                 |                 |                 | 0.00   |
| 8    | Endring i kostnader for kollektivsystemet                             | ib | 0.00            |                 |                 |                 | 0.00   |
| 6-8  | DELSUM B  |    | 9.17            |                 |                 |                 | 9.17   |
|      | <b>PROSJEKTPAKKENS NETTOINNTekt (A+B)</b>                             |    | 42.31           |                 |                 |                 | 42.31  |

Post 1 i tabellen er summen av generalisert kostnadsbesparelse for lette og tunge biler (inkl besparelser i hastighetsavhengige drivstoffkostnader). Post 2 er differansen mellom de to alternativene i betalte avgifter for lette og tunge biler. Post 3 er differansen mellom de to alternativene i hhv eksterne kostnader fra lette og tunge biler. Post 4, 6 og 7 hentes direkte fra tabellene for beregningsresultater for hver periode (jfr tabell 4.4.1). Endringer i kostnader for vei og kollektivsystemet (post 5 og 8) beregnes ikke i makroene. Disse postene inkluderer økte driftskostnader og anleggskostnader som følge av tiltakene på vei- og/eller kollektivsiden. Når postene summeres over alle perioder sitter man igjen med prosjektets nettoinntekt, eller netto-nytte, som representerer telleren i nytte/kostnadsbrøken.

## 5 Litteratur

- Eriksen, K S og Hovi, I B, 1995:  
Transportmidlenes marginale kostnadsansvar.  
Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI-notat 1019/1995. 39 sider.
- Larsen, O I, 1994:  
*Bruk av transportmodeller i N/K-analyser.* Oslo, Transportøkonomisk institutt. Arbeidsdokument TRU/0393/94. 14 sider
- Larsen, O I, 1995:  
*N/K-analyser for kollektivtrafikk.* Oslo, Transportøkonomisk institutt. Arbeidsdokument av 22. september 1995, 14 sider.
- Larsen, O I og Rekdal, J, 1996:  
*Køprising i et miljøperspektiv.* Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 324/1996, 34 sider.
- Transek A, 1993:  
*Estimering av modeller på Oslo-data.* 105 sider. Solna, november 1993
- Transek A, 1993:  
*Fredrik Version för PROSAM.* 36 sider . November 1993,  
  
*Fredrik II.* Hovedrapport - Vedlegg C. 209 sider.
- Statens vegvesen, Vegdirektoratet, 1995:  
Konsekvensanalyse. Del I. Prinsipper og metodegrunnlag.  
Nr. 140 i Vegvesenets håndbokserie, 140 sider, ISBN 82-7207-3986
- Gabestad, K O, 1991  
*Kjørekostnadshåndboken.* Tabellhefte og eksempelsamling.  
Kostnader pr. 1 januar 1991.  
Oslo, Vegdirektoratet, Transportøkonomisk institutt