

## Nyttekostnadsanalyse i samferdselssektoren: Risikotillegget i kalkulasjonsrenta





# Nyttekostnadsanalyse i samferdselssektoren: Risikotillegget i kalkulasjonsrenta

Harald Minken

Transportøkonomisk institutt (TØI) har opphavsrett til hele rapporten og dens enkelte deler. Innholdet kan brukes som underlagsmateriale. Når rapporten siteres eller omtales, skal TØI oppgis som kilde med navn og rapportnummer. Rapporten kan ikke endres. Ved eventuell annen bruk må forhåndssamtykke fra TØI innhentes. For øvrig gjelder [åndsverklovens](#) bestemmelser.

ISSN 0808-1190

ISBN 82-480-0555-0 Papirversjon

ISBN 82-480-0556-9 Elektronisk versjon

Oslo, november 2005

---

**Tittel:** Nyttekostnadsanalyse i samferdselssektoren:  
Risikotillegget i kalkulasjonsrenta

**Forfatter(e):** Harald Minken

TØI rapport 796/2005

Oslo, 2005-11

37 sider

ISBN 82-480-0555-0 Papirversjon

ISBN 82-480-0556-9 Elektronisk versjon

ISSN 0808-1190

**Finansieringskilde:**

Samferdselsdepartementet

**Prosjekt:** 3111 Risikotillegget i kalkulasjonsrenta  
i transportsektoren

**Prosjektleder:** Harald Minken

**Kvalitetsansvarlig:** Kjell Werner Johansen

**Emneord:**

Kalkulasjonsrente; risiko

**Sammendrag:**

Finansdepartementet har gitt regler for kalkulasjonsrenta i rundskriv R-109/2005. Samferdselsdepartementet har bedt TØI om å utrede anvendelsen av disse reglene på transportområdet og komme med anbefalinger. Basert på en modell som tar hensyn til at samferdselsinfrastruktur ikke kan omsettes i noe marked, er vår anbefaling å bruke 4.5 % rente i alle samferdselsprosjekter unntatt prosjekter som angår luftfart og godstransport til sjøs, som bør ha 5 % rente. Eventuelt kan man justere ned renta med 0.5 % for å korrigere for at praksis i dag er å ikke justere opp enhetsprisene i analysene ved forventet framtidig inntektsøkning i samfunnet.

---

**Title:** The discount rate in Norwegian transport projects - a recommendation

**Author(s):** Harald Minken

TØI report 796/2005

Oslo: 2005-11

37 pages

ISBN 82-480-0555-0 Paper version

ISBN 82-480-0556-9 Electronic version

ISSN 0808-1190

**Financed by:**

Ministry of Transport and Communications

**Project:** 3111 The discount rate in Norwegian transport projects - a recommendation

**Project manager:** Harald Minken

**Quality manager:** Kjell Werner Johansen

**Key words:**

Discount rate; Risk

**Summary:**

Rules regarding the discount rate in Norwegian cost benefit analyses are set by the Ministry of Finance. The discount rate consists of a risk free rate and a risk premium, the level of which depends on the project's systematic risk. The Ministry of Transport and Communications has asked TØI to draw up a report on the application of these rules in the transport sector and to make recommendations. Our recommendations are based on a criterion for investing in uncertain non-tradable assets. We recommend to use a discount rate of 4.5 % per annum for all transport projects except projects concerning seaborne freight and air, where 5 % is the recommended rate.

**Language of report:** Norwegian

---

Rapporten kan bestilles fra:  
Transportøkonomisk institutt, biblioteket,  
Postboks 6110 Etterstad, 0602 Oslo  
Telefon 22 57 38 00 - Telefax 22 57 02 90  
Pris kr 200

The report can be ordered from:  
Institute of Transport Economics, the library,  
PO Box 6110 Etterstad, N-0602 Oslo, Norway  
Telephone +47 22 57 38 00 Telefax +47 22 57 02 90  
Price € 25

---

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2005

Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961  
Ved gjengivelse av materiale fra publikasjonen, må fullstendig kilde oppgis

## **Forord**

På oppdrag av Samferdselsdepartementet har TØI utredet spørsmålet om hva slags risikotillegg i kalkulasjonsrenta som skal brukes ved samfunnsøkonomiske analyser i samferdselssektoren. Finansdepartementets rundskriv R-109/2005 og den tilhørende veilederen er lagt til grunn for utredningen. Denne rapporten inneholder vår anbefaling.

Prosjektleder har vært forskningsleder Harald Minken. Han har også forfattet rapporten. Kvalitets-sikring er utført av avdelingsleder Kjell Werner Johansen. Avdelingssekretær Laila Aastorp Andersen har stått for den avsluttende tekstbehandlingen av rapporten.

Forfatteren takker cand real og cand oecon Peter Christensen for råd og hjelp under estimerings-arbeidet.

Oslo, november 2005  
Transportøkonomisk institutt

*Lasse Fridstrøm*    *Kjell Werner Johansen*  
instituttssjef        avdelingsleder



# Innhold

<b>Sammendrag</b> .....	<b>I</b>
<b>Summary</b> .....	<b>i</b>
<b>1 Bakgrunn</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Nærmere om SDs handlingsrom mht. risikotillegget</b> .....	<b>3</b>
2.1 Kapitalverdimodellen .....	3
2.2 Andre relevante krav i veilederen .....	5
<b>3 Problemstilling</b> .....	<b>6</b>
<b>4 Metodespørsmål og metodevalg</b> .....	<b>7</b>
4.1 Svakheter med kapitalverdimodellen i vår sammenheng .....	7
4.2 Samferdselsinfrastruktur er uomsettelige objekter .....	9
4.3 Mulige løsninger innafor Finansdepartementets rammer .....	10
4.4 Modellen .....	11
4.4.1 Forutsetninger .....	11
4.4.2 Investeringsproblemet .....	13
4.4.3 Optimalitetsbetingelser for markedsomsatte verdipapirer .....	13
4.4.4 Optimalitetsbetingelser for uomsettelige objekter .....	16
4.4.5 Investeringskriterium .....	17
4.4.6 Inkonsistenser og svakheter i modellen .....	18
4.4.7 Bruksområde for modellen og andre spørsmål .....	19
4.5 Andre virkemidler enn infrastruktur - utbygging av modellen .....	20
<b>5 Data og estimering</b> .....	<b>22</b>
5.1 Prinsipper for estimeringen .....	22
5.2 Korreksjon for høyere oljepriser i framtida .....	23
5.3 Data .....	24
5.4 Detrending .....	25
<b>6 Resultater og anbefaling</b> .....	<b>26</b>
6.1 Anbefaling .....	27
<b>7 Avsluttende drøfting</b> .....	<b>29</b>
<b>Litteraturliste</b> .....	<b>31</b>
<b>Vedlegg</b> .....	<b>35</b>
Felles data for all persontransport .....	35
Transportarbeid, persontransport (a). Millioner personkilometer .....	36
Transportarbeid, godstransport (a). Millioner tonnkilometer .....	37

*Nyttekostnads i samferdselssektoren:  
Risikotillegget i kalkulasjonsrenta*



**Sammendrag:**

## **Nyttekostnadsanalyse i samferdselssektoren: Risikotillegget i kalkulasjonsrenta**

Vår analyse av Finansdepartementets veileder og rundskriv R-109/2005 konkluderer med at Samferdselsdepartementet har et handlingsrom når det gjelder kalkulasjonsrenta. Det departementet må ta for gitt, er at Finansdepartementet har fastlagt den risikofrie renta og risikotillegget for prosjekter med samme risiko som et gjennomsnittlig norsk foretak. Men dersom man anvender en metode som samsvarer med grunnprinsippene i veilederen, står man fritt til å fastlegge beta for grupper av prosjekter i samme risikoklasse, slik departementet også tidligere har gjort.<sup>1</sup>

Samferdselsinfrastruktur er uomsettelige objekter, i sterk kontrast til aksjer og verdipapirer. Kapitalverdimodellen kunne likevel anvendes til å anslå risikotillegget i samferdselsprosjekter, dersom en kunne finne en portefølje av børsnoterte verdipapirer med samme avkastningsprofil. Vi konkluderer med at dette ikke lar seg gjøre. Dermed må vi bygge direkte på teori for avkastningskrav på uomsettelige objekter. Vi har konstruert en modell som bygger på denne teorien.

Det nye med vår tilnærming er i første rekke to ting, nemlig at vi tar hensyn til at infrastruktur ikke omsettes i markedet, og at vi tar inn over oss at nytte og kostnader i nyttekostnadsanalysene er utsatt for risiko både når det gjelder pris og kvantum. Det siste vil si at elementene i nyttekostnadsregnestykket gjennomgående består av en usikker enhetspris multiplisert med en usikker effekt. Begge disse faktorene inneholder både systematisk og usystematisk risiko. Den usystematiske prisrisikoen oppstår fordi våre anslag på enhetsprisene ofte er unøyaktige og usikre, mens den systematiske prisrisikoen knytter seg til det forhold at tidsverdien, ulykkesverdien og andre enhetspriser øker med inntektsnivået i samfunnet. Den usystematiske kvantumsrisikoen knytter seg bl.a. til det forhold at våre prognoser, kostnadsberegninger og effektberegninger gjennomføres med metoder som ikke alltid er like nøyaktige, mens den systematiske kvantumsrisikoen knytter seg til samvariasjonen mellom inntektsnivået i samfunnet og reiseomfanget.

I norske nyttekostnadsanalyser holder vi enhetsprisene konstant over analyseperioden. Ettersom enhetsprisene påvirkes av inntektsnivået, og vi venter at inntektsnivået skal stige, kan dette sies å bryte med prinsippet i Finansdepartementets veileder om at forventningsverdier skal brukes på de usikre variablene. Vi kan skjønnsmessig korrigere for dette ved å redusere kalkulasjonsrenta med 0,5 – 1 prosentenheter i forhold til de anslag vi får når vi estimerer modellene.

Estimeringsresultatene uten slik skjønnsmessig nedjustering tilsier omtrent følgende renter:

- Luftfart og sjøfart unntatt hurtigbåter og ferjer: 5 % pr. år
- Jernbane, privatbil, buss og lokal kollektivtrafikk: 4.5 % pr. år

---

<sup>1</sup> Parameteren beta er et mål på graden av samvariasjon mellom nasjonalinntekten og avkastningen på prosjektet.

Dette er satser som kan brukes når det gjøres analyser som ikke trekker inn mer enn én transportmåte (en sektor). Ved transportmiddelovergripende analyser skal kalkulasjonsrenta i prinsippet være en vektet sum av rentene for de transportslagene som involveres, med andel av årlig netto nytte i prosjektet som vekter. Dersom vår anbefaling følges, er behovet for slik vektning så å si ikke-eksisterende.

Forslaget bygger på estimerte betaer for transportarbeid i persontransport og godstransport. Nasjonale tall for det årlige transportarbeidet fra 1985 til 2004 (Rideng 2005) er benyttet. Den årlige avkastningen på børsen i samme periode er beregnet med data fra Oslo børs, mens lønn pr. timeverk, lønnskostnader pr. timeverk og konsum i husholdninger er hentet fra SSBs historiske statistikk. Der det er nødvendig, er trend fjernet fra tidsseriene gjennom differensiering. Dermed kan data fra hvert av årene 1985 til 2004 sees som utfallet av et sett av usikre variable i ulike verdenstilstander. Verdenstilstandene er kjennetegnet ved oljeprisen på verdensmarkedet og konjunktorene på verdensmarkedet.

Datamaterialet inneholder færre år med høy oljepris enn det vi kan vente i framtida. Et opplegg for å ta hensyn til dette er utarbeidet, men har ikke gitt rimelige resultater. Grunnen er at i de få årene hvor oljeprisen etter vår definisjon har vært høy, er kovariansen mellom børsavkastning og konsum i husholdningene negativ. Vi anser at det er en tilfældighet og har sammenheng med det lille utvalget. Beregningene bør derfor gjentas når en har data for flere år med høy oljepris, slik at skeivheten i våre anslag kan rettes opp.

Generelt viser det seg at korrelasjonen mellom børsavkastningen og konsum i husholdningene er såpass svak at metoden vi har brukt, blir svært følsom for endringer i data.

Våre anslag og anbefalinger gjelder ikke byggerentene, dvs. kalkulasjonsrenta i anleggstida. For denne anbefaler vi å anvende samme rente som private utbyggere står overfor. En annen distinksjon som kunne gjøres, var mellom korte og lange reiser. Det er vanskelig å finne gode tidsserier med *årlige* data for volumet av korte, daglige reiser kontra lange reiser, derfor har vi hittil ikke estimert kalkulasjonsrenter oppdelt på denne måten.

Tatt i betraktning at våre resultater er følsomme for endringer i data, og at korrelasjonen mellom børsavkastningen og konsum i husholdningene kan se annerledes ut på lengre sikt enn den gjør i vårt begrensede materiale, vil det være rom for skjønn når Samferdselsdepartementet skal fastlegge de endelige rentene som skal brukes.

**Summary:**

# The discount rate in Norwegian transport projects – a recommendation

The Norwegian official discount rate for cost benefit analysis is set by the Ministry of Finance. Since the start of year 2000, the discount rate consists of a risk free rate plus a risk premium. The risk premium only takes into account the relevant part of risk, i.e., the risk that cannot be eliminated by holding a diversified portfolio of assets. Assets in this connection include infrastructure projects, and the relevant risk is the contribution which the project makes to the risk of net national income.

The Capital Asset Pricing Model (CAPM) is used to make this approach operational. There, the risk premium consists of the product of the premium that the market requires to hold the stock exchange index (the market portfolio), and a parameter beta. Beta is the covariance of the rate of return of the project and the rate of return of the market portfolio, divided by the variance of the rate of return of the market portfolio. Applying this approach, projects with a risk profile similar to the stock exchange index should get a beta of one, while projects with less systematic risk (less covariance with the market portfolio) should get a lower beta. To apply the approach to the uncertain future net annual benefits of a given infrastructure project, however, one has to identify assets in the market with a similar distribution of their uncertain rate of return over the future states of the world.

Recently, the Ministry of Finance has issued a revised version of its guidelines on cost benefit analysis. There, the risk free rate is set to 2 % per annum, while the required premium for holding the market portfolio is set to 4 %. Most public projects are thought to have only moderate systematic risk, so the normal discount rate for public projects is set to 4 %. The government agencies in charge of projects could, however, set rates higher than 4 % if the project benefits are sensitive to business cycle fluctuations, or if annual costs involve a large fixed or unrecoverable part. Indeed, for large projects and for groups of projects with similar risk, beta should be set by a concrete analysis of the particular case.

The Ministry of Transport and Communications has commissioned TOI to estimate betas for groups of transport projects and to recommend discount rates for the transport agencies based on this. In our work, we have not applied the CAPM, since it seems difficult to find assets priced in the market with similar rate of return profiles as the typical transport infrastructure project. Instead, we have applied a model of investing in non-tradable assets originally due to Lund (1987, 1993b). The model is modified to take account of the typical benefits of transport projects, including time savings. The value of time (and, more generally, most unit prices) are considered to depend on the net wage (or the cost of labour when it comes to freight transport), and this is one of the sources of systematic risk. The other is the predicted volume of traffic, which will also partially depend on the income level (as well as on demographic variables). Annual net benefits are assumed to be proportional to the product of these two uncertain variables. Under reasonable assumptions, the model takes on the same form as the CAPM, although with a different formula for beta, as shown in the following formulas (formulas (31) and (32) of the text):

Suppose  $R_0$  is one plus the risk free rate,  $R_I$  is one plus the uncertain return on the project, and  $R_m$  is one plus the return on the market portfolio. Also, let  $C_1$  be uncertain household consumption in period 1 (the last period in a two-period model),  $w_1$  be the hourly wage (a proxy for unit values like the value of time) and  $a_1$  an indicator of the amount of transport activity of the type affected by the project. Then the investment criterion is

$$E[R_I] - R_0 \geq \beta (E[R_m] - R_0)$$

where

$$\beta = R_0 \frac{\frac{\text{cov}\left(C_1, \frac{w_1 a_1}{E[w_1 a_1]}\right)}{\text{cov}(C_1, R_m)}}{1 - \frac{\text{cov}\left(C_1, \frac{w_1 a_1}{E[w_1 a_1]}\right)}{\text{cov}(C_1, R_m)} (E[R_m] - R_0)}$$

We have estimated beta for different modes of transport, using data from Statistics Norway, the Oslo Stock Exchange, and TOI transport statistics. We have also explored the use of local transport data from the city of Oslo, but decided not to use it. Based on this, on a concern about data quality and the robustness of the method, and on the need for simple rules in practical applications, etc., our recommendation to the Ministry of Transport and communications is to use the following discount rates:

- Air and short sea shipping except seaborne passenger transport: 5 % per annum
- Railway, private car, bus, and local public transport: 4.5 % per annum

Current practice in Norwegian transport cost benefit analysis is to keep unit prices constant over the entire period of analysis. In reality, some increase in the unit prices can be expected with the growth in income. Thus the unit prices cannot be considered to be expectation values. This is somewhat inconsistent with the Ministry of Finance guidelines and the approach to the discount rate. Until this practice is changed, it is suggested to reduce the discount rate by 0.5 %.

# 1 Bakgrunn

Inntil slutten av 90-åra var kalkulasjonsrenta i samfunnsøkonomiske analyser i Norge fastsatt uten å ta hensyn til systematisk risiko. Dette endret seg i 1999 med Finansdepartementets rundskriv R-14/99, som bygde på forslag fra Kostnadsberegningutvalget (NOU 1997:27). Med utgangspunkt i kapitalverdimodellen fastsatte rundskrivet en kalkulasjonsrente bestående av en risikofri realrente på 3,5 prosent pluss et risikotillegg på 4,5 prosent for prosjekter med beta lik 1 (samme risiko som børsindeksen), og tilsvarende mindre for prosjekter med lavere beta.

Praktiseringen av rundskrivet i samferdselssektoren har variert. Etter at NTP 2002-2011 var beregnet med relativt lave renter, fastsatte Samferdselsdepartementet betydelig høyere renter for etatene i forbindelse med NTP 2006-2015. Både rentenivået og differensieringen mellom transportslagene utløste kritikk og diskusjon. Samferdselsdepartementet har derfor ønsket å få en vurdering av risikotillegget i de kalkulasjonsrentene som anvendes i transportsektoren.

Høsten 2004 utlyste departementet et prosjekt om dette, som TØI fikk i konkurranse med andre. Samtidig har Finansdepartementet arbeidet med revisjon av veilederen i samfunnsøkonomiske analyser. Siden dette arbeidet åpenbart ville legge viktige føringer på hva Samferdselsdepartementet kunne gjøre, og trengte å gjøre, med kalkulasjonsrenta, har TØIs arbeid for Samferdselsdepartementet ikke latt seg slutføre før Finansdepartementets nye veileder var klar. Denne ble offentliggjort 23. september 2005. Samme dato fastsatte også Finansdepartementet retningslinjene for behandling av kalkulasjonsrente og risiko i det nye rundskriv R-109/2005.

Rundskrivet sier at kalkulasjonsrenta for statlige prosjekter bør ta utgangspunkt i en risikofri kalkulasjonsrente og et risikotillegg. Den risikofrie renta (langsiktig risikofri realrente før skatt) settes til 2 pst. Den vil bli oppdatert ved endringer i rentenivået. For mindre, enkeltstående prosjekter skal det føyes til et risikotillegg på 2 pst. dersom prosjektet er et ”normalt offentlig tiltak”. Dette er et tiltak med *moderat* systematisk risiko.<sup>1</sup> Dersom det dreier seg om offentlig forretningsdrift i direkte konkurranse med private aktører, skal risikotillegget være det samme som de private aktørene bruker. For tiltak med *betydelig* systematisk risiko kan det, som rundskrivet sier, være riktig med en høyere kalkulasjonsrente enn 4 pst., og 6 pst. antydes som et alternativ.

I større prosjekter, eller for grupper av prosjekter med samme risiko, bør risikojusterte avkastningskrav beregnes særskilt.

---

<sup>1</sup> Finansdepartementets veileder, side 63, sier: ”Det legges til grunn at mange offentlige tiltak er mindre konjunkturutsatt enn investeringer i aksjemarkedet. På denne bakgrunnen fastsettes det et reelt avkastningskrav på 4 pst. for et *normalt* offentlig foretak.”

Sammen med utdypende bemerkninger i Finansdepartementets nye veileder utgjør dette de rammene som TØIs vurdering i den foreliggende rapporten vil holde seg innenfor.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> I tillegg til veilederen utgjør Nitter-Hauge og Frøyland (2005) en kilde til Finansdepartementets synspunkter på kalkulasjonsrenta. Den bringer ikke noe nytt i forhold til veilederen, men er en sammenfatning av punkt 5.3 og vedlegg 2 i veilederen.

## 2 Nærmere om SDs handlingsrom mht. risikotillegget

Det som gir Samferdselsdepartementet et handlingsrom for å fastlegge egne bestemmelser om risikotillegget, er i første rekke henvisningen til ”grupper av prosjekter med tilnærmet samme risiko” i Finansdepartementets rundskriv. For slike grupper bør risikojusterte avkastningskrav beregnes særskilt.

Muligheten til å benytte en høyere rente enn 4 pst. er nærmere behandlet i veilederens punkt 5.3.3. Det kan være aktuelt hvis etterspørselen etter tiltaket (eller de tjenestene som tiltaket skal legge til rette for) i høy grad er konjunkturfølsom, eller hvis kostnadene ved tiltaket består av en stor andel faste kostnader (spesielt hvis kostnadene er ikke gjenvinnbare). Det som kreves, er ”vesentlig utslag” på ett eller begge punkter.

I utgangspunkt er det rimelig å anta at infrastrukturprosjekter innen samferdsel innebærer en høy andel ikke gjenvinnbare kostnader. Veier og jernbanelinjer har få alternative anvendelser og kan ikke selges hvis etterspørselen svikter. Opparbeidede havner, flyplasser og stasjonsområder vil nok på den andre sida ofte ha en markedsverdi som overstiger den opprinnelige tomteverdien.

I veilederens punkt 5.3.4 sies det at i de tilfeller hvor den systematiske risikoen er betydelig, kan den tiltaksansvarlige etter egne analyser selv fastsette en kalkulasjonsrenta som er høyere enn 4 pst. Seks prosent anbefales som en hovedregel i slike tilfeller. Men som det sies i veilederens vedlegg 2: ”Dersom brukerne i slike tilfeller [betydelig systematisk risiko] finner det riktig å benytte andre kalkulasjonsrenter enn 6 pst. som samtidig er større enn 4 pst., åpner gjeldende retningslinjer for å gjøre dette. Kapitalverdimodellen kan være et hensiktsmessig analyseverktøy i denne sammenheng.”

### 2.1 Kapitalverdimodellen

Det er helt klart fra Finansdepartementets side at kalkulasjonsrenta skal bestå av en risikofri rente pluss et risikotillegg. Det er også klart (veilederens punkt 5.3.2) at risikotillegget skal gjenspeile den systematiske risikoen, og at størrelsen på den systematiske risikoen avhenger av graden av samvariasjon mellom prosjektavkastningen og avkastningen på nasjonalformuen, dvs. nasjonalinntekten.

Derimot er det ikke noe absolutt krav at en skal bruke kapitalverdimodellen til å anslå samvariasjonen mellom prosjektavkastningen og nasjonalinntekta. Det heter: ”For å sikre objektiv prisinformasjon er det hensiktsmessig å legge markedspriser til grunn så langt som mulig i de samfunnsøkonomiske analysene. Aksjemarkedene gir informasjon om hvordan systematisk risiko i privat sektor blir priset i form av en risikojustert avkastning. Det vil i prinsippet være mulig å finne private investeringer

som har den samme systematiske risikoen som et offentlig tiltak, slik at markedsinformasjon kan benyttes til å prise samfunnsøkonomisk relevant risiko. Vi antar dermed at de risikopremiene vi kan observere i aksjemarkedene er representative for de risikopremiene vi bør benytte i en samfunnsøkonomisk analyse. En vanlig modell å benytte i denne sammenheng er kapitalverdimodellen. (...).”

Denne formuleringen, og formuleringen om at ”kapitalverdimodellen kan være et hensiktsmessig analyseverktøy i denne sammenhengen” (se ovenfor), åpner etter vårt skjønn for andre tilnærminger. Spesielt når det gjelder infrastruktur som i hovedsak benyttes av husholdninger, er det også et stort behov for en annen tilnærming. Det er nemlig på ingen måte klart hvilke aksjer en skulle sammenlikne seg med. Vi er ikke kjent med at noen har kommet med overbevisende eksempler på aksjer med samme risikoprofil som årlig netto nytte i en nyttekostnadsanalyse av infrastrukturtiltak i samferdsel. I teorien skal en slik portefølje kunne konstrueres (NOU 1997:27 avsnitt 9.4), men de teoretiske forutsetningene er ikke tilstede i praksis. Og sjøl om de var det, gjensto problemet med å identifisere denne porteføljen. Uten slike aksjer faller kapitalverdimodellen bort som mulig analyseverktøy. Skjønnsmessig kan vi kanskje bedømme tiltak som mer eller mindre konjunkturfølsomme enn visse verdipapirer, men det er alt.

Likevel er det et faktum at kapitalverdimodellen spiller en sentral rolle i Finansdepartementets tenking om kalkulasjonsrenta, ikke minst når det gjelder spørsmålet om hvordan en skal unngå subjektivitet når tiltakshaver skal beregne sine egne risikotillegg. Det er lagt ned en god del arbeid i å komme fram til et godt anslag for markedspremien, dvs. risikotillegget for en diversifisert portefølje av børsnoterte aksjer. Det er 4 pst., se vedlegg 2 til veilederen. En har også funnet gjennomsnittlig reell avkastning for et norsk foretak, hensyn tatt til en vanlig gjeldsgrad. Den er 6 pst. Vi tolker veilederen dit hen at uansett metode som blir anvendt, bør den kunne la seg dekomponere i en risikofri rente på 2 pst. og et risikotillegg bestående av en markedspremie på 4 pst. reelt og en beta som antar verdien 1 når tiltaket har samme systematiske risiko som en gjennomsnittlig risikabel bedrift på børsen.

Siden avkastningen på børsen og avkastningen på nasjonalformuen ikke er det samme, kan det være en motsetning mellom det overordnede kravet i veilederen, dvs. at det er samvariasjonen med nasjonalinntekten som definerer risikoen, og det konkrete kravet, at det er samvariasjonen med en gjennomsnittlig risikabel bedrift på børsen som definerer risikoen. Dette problemet er diskutert bl.a. i Lund (1993a), Halleraker (1995). Vi føler oss ikke kallet til å drøfte dette videre. Det veilederen legger størst vekt på, er at det offentlige skal prise risiko på samme måte som private (6 pst. realrente på prosjekter med samme systematiske risiko som det gjennomsnittlige norske foretaket). Det er vel mulig at dette kravet ikke sammenfaller med det overordnede kravet om at størrelsen på den systematiske risikoen skal avhenge av graden av samvariasjon mellom prosjektavkastningen og nasjonalinntekten (6 pst. rente på prosjekter som samvarierer perfekt med nasjonalinntekten). Men veilederen later til å anta det, og vi skal følge den i dette.

Vi forstår det altså slik at Samferdselsdepartementets handlingsrom består i å fastlegge beta for ulike klasser av samferdselsprosjekter under den forutsetning at markedspremien reelt skal være 4 pst. og beta skal være lik 1 for den klassen som har samme systematiske risiko som nasjonalinntekten.



## 2.2 Andre relevante krav i veilederen

Veilederen understreker at det som skal brukes som anslag på usikre parametere i nyttekostnadsanalysen, er forventningsverdien, og ikke for eksempel det mest sannsynlige utfall. Slik nyttekostnadsanalysene i samferdselssektoren praktiseres nå, er det vanskelig å etterkomme dette kravet. Det lar seg gjøre når det gjelder anleggskostnadene, men bare et stykke på veg når det gjelder årlig netto nytte. Når det gjelder eksogene forutsetninger for transportmodellene (demografiske prognoser, prognoser for bilhold m.m.), kunne en sjølsagt innskjerpe at de skal bygge på forventningsverdier. Men når det gjelder selve virkningsberegningene, kan vi ikke se at det er mulig å operere med simultane sannsynlighetsfordelinger for alle de sentrale parametrene, sjøl om vi veit at de er usikre. Dermed er det vanskelig å si om de enkelte elementene i årlig netto nytte, som brukernytte, kollektivselskapenes underskudd, vedlikeholdsbehovet etc. er forventningsverdier eller ikke. Trolig er det på mange steder i beregningene innbakt en viss forsiktighet, som kan tolkes som at det allerede er tatt mer hensyn til ugunstige enn gunstige utfall.

To slike punkter er verdt å nevne. For det første antar vi ofte at trafikkveksten avtar med årene. Grunnen er både at vi veit veldig lite om fremtidig arealbruk, reisevaner osv., og at eksponensiell vekst i trafikken ganske snart vil bremses av kapasitetsskranke som vi ikke modellerer eksplisitt. For det andre holder vi sentrale parametere som tidsverdien, verdien av et spart statistisk liv m.v. fast over analyseperioden. Dette til tross for at vi veit at tidsverdien stiger med inntekten, og at vi oppjusterer eldre anslag for enhetsprisene til enhetspriser i utgangsåret med hensiktsmessige prisindekser.<sup>3</sup>

Antar vi forsiktig at disse formene for forsiktighet innebærer at beregnet årlig netto nytte stiger med ett til et halvt prosentpoeng mindre pr. år enn den ellers ville gjort, så kan vi kompensere for at vi ikke bruker forventningsverdier konsekvent ved å justere ned kalkulasjonsrenta med ett eller et halvt prosentpoeng. Dette som et midlertidig tiltak inntil praksis på området kan endres.

---

<sup>3</sup> Praksis i Storbritannia er å oppjustere tidsverdien og ulykkesverdien i alle framtidsår i takt med forventet BNP-vekst.

### 3 Problemstilling

Problemstillingen som Samferdselsdepartementet ønsker svar på, kan deles i to:

1. Gjennomgang av teorigrunnlaget for risikotillegget og relevante metodespørsmål, inkludert datatilgjengelighet og estimeringsopplegg.
2. Estimering og anbefaling av risikotillegg i samsvar med Finansdepartementets retningslinjer.

Del 1 inkluderer spørsmålet om, og eventuelt hvordan, en differensiering av kalkulasjonsrentene mellom og innenfor transportsektorene skal gjennomføres. En foreslått differensiering skal være enkel å bruke i praksis og ikke gi grunnlag for taktiske valg av risikotillegg fra tiltakshavers side. Del 1 inkluderer også spørsmålet om bedriftsøkonomiske analyser kan gi relevante data. Kan f eks bruk av risikopremier beregnet ut i fra børldata modifiseres for å brukes til å anslå samfunnsøkonomisk risiko? Vi skal også se på hva fordelingen av kostnadene på faste og variable kan ha å si for risikotillegget.

Vi skal angripe disse spørsmålene slik: Vi begynner med de grunnleggende metodespørsmålene og metodevalgene. På grunnlag av det besvarer vi spørsmålene om praktisk implementering.

Beregningene i del 2 skal ende opp i et konkret oppsett for bruk av kalkulasjonsrenter for samferdselsprosjekter. Anbefalingen skal presenteres på en slik måte at det er mulig å konstruere risikotillegg for alternative grupperinger og at det er mulig å ta hensyn til endringer i retningslinjene, som f eks endret risikofri rente eller standard risikotillegg.

## 4 Metodespørsmål og metodevalg

Dette kapitlet besvarer delspørsmål 1, og utgjør grunnlaget for hele vårt arbeid. Vi drøfter først behovet for å anvende andre metoder enn kapitalverdimodellen for å anslå risikotillegget i samferdselsprosjekter. Deretter utvikler vi en slik metode og drøfter hvilke data vi trenger for å implementere den. Til slutt i kapitlet besvarer vi spørsmålet om differensiering, spørsmålet om å bruke modifiserte børldata, og spørsmålet om hvordan en tar hensyn til fordelingen av kostnader på faste og variable.

### 4.1 Svakheter med kapitalverdimodellen i vår sammenheng

Kapitalverdimodellen gir oss markedsprisen (og dermed avkastningen) på usikre objekter som omsettes i et perfekt marked. I utgangspunktet er den derfor uegnet for å vurdere uomsettelige objekter.

Samferdselsinfrastruktur gir ingen inntekter til eieren, med mindre det er satt opp en bom eller ordnet en brukerbetaling på annen måte. Dermed er samferdselsinfrastruktur normalt uomsettelig. Sjøl med brukerbetaling vil ikke eieren få all avkastning av slike objekter. En eventuell pris vil derfor ikke gjenspeile hele nyttevirkingen. Og uansett hvor vanlig brukerbetaling måtte bli, er det langt fram til det punkt hvor det finnes et likvid marked i infrastrukturobjekter. Dermed synes kapitalverdimodellen (CAPM) uegnet til å vurdere nåverdien av infrastruktur med usikker framtidig avkastning.

Det finns imidlertid en situasjon der CAPM likevel kan brukes på infrastruktur. Hvis nemlig avkastningen kan tolkes som en lineær kombinasjon av avkastningen på visse fritt omsettelige (børsnoterte) objekter, kan CAPM brukes med disse omsettelige objektene i stedet for infrastrukturen. Dette er den tilnærmingen som kostnadsberegningutvalget brukte, og som videreføres i Finansdepartementet (2005).

Sett i samfunnsperspektiv er avkastningen på et infrastrukturtiltak lik den årlige netto nytta i en nyttekostnadsanalyse av tiltaket. Spørsmålet blir da å finne aksjer og andre verdipapirer med en avkastning som har samme sannsynlighetsfordeling over framtidige verdenstilstander som hvert av elementene i nyttekostnadsanalysen. Disse elementene er:

1. Brukernytte, som (i henhold til trapesformelen) kan dekomponeres i nytten av tidsbesparelser pluss nytten av sparte pengeutlegg
2. Operatørnytte, som kan dekomponeres i økte driftsinntekter minus reduserte driftskostnader

3. Nytte for det offentlige, som kan dekomponeres i økte vedlikeholdsutgifter, økte offentlige tilskudd (offentlig kjøp) og økte skatteinntekter
4. Nytte for samfunnet for øvrig, som kan dekomponeres i reduserte ulykkeskostnader og reduserte miljøkostnader

Det finnes noen børsnoterte kollektivselskaper (buss, ferje, nærsjøfart, flyselskaper). Dermed kan vi bruke kostnadsberegningens utvalgets tilnærming på element nr 2, operatørnytte. Imidlertid kreves en nærmere vurdering av om selskapets virksomhet er konsentrert til de transportmarkedene som berøres av tiltaket. En bør også vurdere om politisk risiko knyttet til maksimal billettpris, takststruktur, skatt og tilskuddsordninger er inkludert i markedets verdsetting. En del av denne risikoen virker irrelevant når en tar hensyn til at eventuelle tap for kollektivselskapet motvirkes av eventuelle gevinster for brukerne og det offentlige.

Følgende elementer er grovt sett proporsjonale med trafikkmengden: brukernytte, kollektivselskapets billettinntekter, den variable delen av kollektivselskapets kostnader, det offentliges skatteinngang, deler av vedlikeholdsutgiftene og ulykkeskostnadene. En grov, men brukbar tilnærming kunne derfor være å finne aksjer med avkastning som avhenger av trafikkmengdene i de ulike typene av transportmarkeder som berøres av tiltak i infrastrukturen. Igjen taler det for å se på de børsnoterte kollektivselskapene, men vi må også finne tilsvarende aksjer som kan representere bilreisemarkedene. Dersom bilimportørene skal kunne brukes, krever det en nærmere analyse av forholdet mellom bilimport og bilbruk.

Den største svakheten ved en slik tilnærming er imidlertid følgende: La gå med at brukernytte og de andre elementene vi nevnte, er proporsjonale med trafikkmengden. Anta altså at årlig netto nytte av tiltaket grovt sett kan skrives  $cPT$ , der  $c$  er effekten av tiltaket pr. trafikant,  $P$  er enhetsprisen pr. enhet av effekten og  $T$  er trafikkmengden.  $T$  er åpenbart usikker og konjunkturavhengig i større eller mindre grad. Men  $P$  er også usikker, og den har en sannsynlighetsfordeling over framtidige verdenstilstander som avviker fra fordelingen til  $T$ . Dette ser man bort fra om man utelukkende søker etter aksjer med avkastning som avhenger av  $T$ .

Det viktigste eksemplet gjelder tidsgevinsten. Tidsgevinsten er i regelen godt over 50% av den samlede årlige nytten av tiltaket. *Verdien* av tidsgevinsten – tidsverdien – har trolig en nær forbindelse med lønnskostnaden pr. år (godstransport og tjenestereiser) eller med nettolønn pr. år (reiser til og fra arbeid, fritidsreiser). Dette framgår både av den norske tidsverdiundersøkelsen (Ramjerdi m.fl. 1997) og av internasjonale undersøkelser, og vi anerkjenner at det finns en slik forbindelse når vi konvensjonelt indeksregulerer tidsverdiene med lønnsindeksen. Men bruttolønn pr. år kan sees som avkastningen på samfunnets "humankapital", som i Norge utgjør 77% av nasjonalformuen (Greaker, Løkkevik og Aasgaard Walle 2005). Dermed er situasjonen at enhetsprisen  $P$  først og fremst samvarierer med avkastningen på humankapitalen, som også er den største delen av nasjonalformuen. Å se bort fra dette når en skal finne risikotillegg i kalkulasjonsrenta på samferdselsområdet, virker ikke tilrådelig.

I likhet med samferdselsinfrastruktur er også humankapitalen uomsettelig. Ingen kan selge retten til sine framtidige lønnsinntekter. Dette ville ha vært å gjøre seg til slave, og ville dessuten innebære den risiko for kjøperen at straks selgeren hadde fått

kjøpesummen inn på konto, ville han emigrere til Karibia og leve herrens glade dager, uten å gjøre så mye som et framtidig arbeidsslag. I hvert fall ville han neppe ha lagt sin sjel i arbeidet.

I likhet med infrastrukturkapitalen er det også vanskelig å finne en aksje med samme profil på avkastningen som humankapitalen. Vi har følgelig vanskelig for å finne et verdipapir med samme avkastningsprofil som P. Dermed er vi avskåret fra å bruke børsinformasjon og vanlige regneregler, som  $E[PT] = \text{cov}(P,T) + E[P]E[T]$  osv., til å finne forventning og varians til PT og kovarianser med andre former for avkastning. Enda vanskeligere ser det ut til å være å finne forventet avkastning av PT uttrykt direkte som den vektete summen av avkastningen på kjente, markedsomsatte papirer. Det er problemet med å bruke CAPM til å beregne risikotillegget i kalkulasjonsrenta i samferdselsprosjekter.

## 4.2 Samferdselsinfrastruktur er uomsettelige objekter

To ting kjennetegner problemet med å bestemme risikopremien i kalkulasjonsrenta i samferdselsprosjekter, til forskjell fra å bestemme risikopremien i prisen til et omsettelig objekt med usikker avkastning, som f.eks. en aksje i et børsnotert selskap.

1. Porteføljen av alle inntektsbringende eiendeler er i vårt tilfelle nasjonalformuen, bestående av bl.a. naturressurser, humankapitalen til alle innbyggerne, produksjonskapitalen i alle de norske bedriftene og utenlandske verdipapirer. I det vanlige CAPM-tilfellet består den av alle aksjer på børsen. Den vesentlige forskjellen er at store deler av nasjonalformuen er uomsettelig (uavhendelig). Det gjelder humankapitalen (du kan ikke selge den framtidige strømmen av din egen arbeidsinntekt). Det gjelder også kapital nedlagt i uomsettelige anlegg som likevel bidrar til framtidig inntekt for landet, spesielt vegger og annen infrastruktur.
2. Samferdselsprosjektet er et av de uomsettelige objektene. Avkastningen av et samferdselsprosjekt kalles årlig netto nytte. Den består av mange deler som er utsatt for ulike former for usikkerhet og som tilfaller ulike mennesker. Sjøl ikke det mest avanserte OPS-opplegg kan sikre at en enkelt tilegner seg all avkastning. Avkastningen "utbetales årlig" over et antall år, og ved hver utbetaling eksisterer den samme usikkerheten om hvor stor den vil bli.

Disse forskjellene tilsier at en bør ta utgangspunkt i en type teori som tar hensyn til at noen av objektene er uomsettelige, inkludert det objektet en vurderer å investere i. En slik teori finnes i arbeidene til professor Didrik Lund ved Universitetet i Oslo, spesielt Lund (1993b). Investeringskriteriet for uomsettelige objekter i Lund (1993b) består av empirisk observerbare størrelser og vil være forskjellig for forskjellige individer. Det siste vil i praksis si at vi vil kunne operere med ulike risikopremier avhengig av hvilke samfunnsgrupper som får gevinstene eller bærer de årlige kostnadene ved prosjektet. Men vi kan også se bort fra dette og anta at samfunnet skal handle som ett individ. Det vil ikke være noe problem å relatere modellen til de tre hovedbestanddelene i CAPM-formelen, den risikofrie renta, risikopremien og beta. Faktisk er det bare beta som får en ny form.

### 4.3 Mulige løsninger innafor Finansdepartementets rammer

Vi har funnet at å anvende kapitalverdimodellen innebærer et problem, nemlig at det er vanskelig å finne en god portefølje av aksjer som kan sies å ha samme risikoprofil som årlig netto nytte i samferdselsprosjekter. Tatt i betraktning at det finnes en teori for avkastningskravet på uomsettelige objekter, og at denne teorien stiller andre og kanskje enklere krav til data, kan problemet alternativt løses ved å bruke den som et alternativt teoretisk grunnlag. Samlet sett kan en tenke seg fire mulige løsninger på problemet:

1. Betrakt enhetsprisen  $P$  som sikker og bruk børsinformasjon om kollektivselskaper til å finne en betaverdi for aktivitetsnivået  $T$ . I dette tilfellet kan en benytte CAPM slik Finansdepartementets veileder forutsetter.
2. Betrakt  $T$  som sikker og bruk informasjon om disponibel lønnsinntekt til å finne en betaverdi for  $P$ . Til dette formålet kan en benytte en variant av CAPM-modellen (forventet nytte-modellen eller konsumbetamodellen, se Halleraker s. 22-24). Det kan sannsynligvis godkjennes innafor Finansdepartementets rammeverk.
3. Lag en modell der beslutningstakeren kan investere i de uomsettelige objektene infrastruktur og humankapital samt i sikre og usikre verdipapirer. La  $cPT$  være normalavkastningen på en enhet ny infrastruktur, der  $c$  er sikker eller ukorrelert med nasjonalinntekta,  $P$  korrelerer perfekt med avkastningen på humankapitalen og  $T$  er en observerbar usikker variabel som eventuelt korrelerer med en portefølje av markedsomsatte papirer. Vis at modellen atskiller seg fra Finansdepartementets rammeverk bare på det ene punktet som gjelder hvordan beta blir anslått.
4. Bygg ut modellen i punkt 3 ved å skille mellom forbrukere og det offentlige. Forbrukeren kan investere i sikre og usikre markedspapirer, mens det offentlige kan investere i infrastruktur og utdanning. Avkastningen på infrastruktur er reisetidsforkortelse, mens avkastningen på utdanning er økt produktivitet i produksjonen av konsumvarer, og dermed økt timelønn og tidsverdi. Modellen kan omfatte fritidsreiser og arbeidsreiser med bil og kollektiv. Vis at modellen atskiller seg fra Finansdepartementets rammeverk bare på det ene punktet som gjelder hvordan beta blir anslått.

Går vi fra punkt 1 til 4, vil vi få en bedre og bedre modell, men som muligens i større og større grad avviker fra Finansdepartementets forutsetninger. Valget må bygge på en avveining mellom disse hensynene, men slik at modellen kan godkjennes innafor Finansdepartementets rammeverk.

Å modellere punkt 1 har den svakheten at hvis kollektivselskapene skal tjene penger, er de ofte avhengige av tilskudd fra det offentlige. Den biten av kollektivselskapenes virksomhet som er relevant for børsen, selve overskuddet, er altså i vesentlig grad bestemt av det offentliges tilskudds- og innkjøpspolitikk. Dermed er avkastningen på kollektivaksjer i første rekke utsatt for politisk risiko, og i mindre grad for variasjoner i etterspørselen. For samlet årlig netto nytte i et samfunnsøkonomisk regnestykke stiller dette seg helt annerledes. Videre er trolig kollektivselskapene

svært ulike når det gjelder graden av ugjenkallelige kostnader. Endelig er eierne av kollektivaksjer og de kollektivreisende såpass ulike grupper at de neppe har samme holdning til risiko.

Å modellere punkt 2 innebærer at trafikkvolumet helt urealistisk betraktes som en sikker variabel. Siden punkt 1 og 2 begge utelater vesentlige aspekter ved usikkerheten i årlig netto nytte, og punkt 1 dessuten innebærer verdsetting av en form for risiko som trolig er uvesentlig for årlig netto nytte, vil vi betrakte dem begge som uaktuelle. Vår modell vil bygge på punkt 3. I tillegg vil vi kommentere hva som vil skje og hva vi vil kunne oppnå ved en utbygging av modellen til å dekke punkt 4.

## 4.4 Modellen

### 4.4.1 Forutsetninger

Denne modellen bygger på tilsvarende modell i Lund (1987, 1993b). Vi har måttet legge til noen forutsetninger, og har også gjort ubetydelige formelle endringer. Tilleggsforutsetningene gjelder blant annet budsjettbetingelsene for beslutningstakeren. Den usikre avkastningen av infrastruktur, som vi kalte cPT innledningsvis, men vil komme til å kalle  $w_{IAC}$  nedafor, avhenger både av avkastningen på humankapital og av en annen usikker variabel, og kan eventuelt være perfekt korrelert med et markedsomsatt verdipapir.

I periode 0 kan beslutningstakeren investere i et sikkert papir og/eller i to usikre verdipapirer, i tillegg til investering i humankapital og samferdselsinfrastruktur. Investeringsmengdene måler vi i fysiske størrelser, dvs. antall statsobligasjoner (det sikre objektet), antall aksjer, antall undervisningstimer og antall minutter spart på en gjennomsnittsreise. Merk særlig at mengda av infrastruktur er målt ved den virkningen den har.<sup>4</sup> Investert mengde av objekt nr.  $j$  i periode 0 er  $X_j$ .

En kan med rette spørre seg hvordan det er mulig for en privatperson, som vår beslutningstaker, å investere i infrastruktur. Svaret må være at det er myndighetene som treffer denne beslutningen, og sender regningen til forbrukerne. Myndighetene treffer sin beslutning med fullt kjennskap til privatpersonenes betalingsvillighet for infrastruktur, og privatpersonene er fullt klar over hva myndighetene akter å gjøre, og tilpasser seg til det.

Prisen på objekt  $j$  i periode 0 er  $P_{j0}$ .<sup>5</sup> For alle objektene unntatt infrastruktur er det en gitt markedspris. For infrastruktur er saka litt mer komplisert. Avhengig av hvor infrastrukturprosjektet er og hvordan det er utformet, må vi regne med at prisen, målt i investeringsbeløpet for å oppnå et minutt reisetidsbesparelse, varierer veldig. Det finns altså ingen gitt pris, men mange. Vi tenker oss imidlertid at alle de billigste måtene å oppnå besparelse på, er gjennomført i perioden før periode 0, slik at ved starten av periode 0 foreligger det et sett av investeringsmuligheter (minuttbesparelser) som har omtrent samme pris. Det finns

---

<sup>4</sup> Det som er usikkert, er altså ikke hvordan infrastrukturen vil virke (for eksempel 3 minutter spart), men hvordan virkningen vil bli verdsatt, og hvor mange som vil bruke den. Eller mer presist: Hvis det finnes noen usikkerhet om virkningen, er den usystematisk.

<sup>5</sup> Mht til  $P_{30}$  vil den bli satt til  $w_0$ .

nok også dyrere investeringsmuligheter, men de er uaktuelle fordi mengden av muligheter til laveste pris er stor nok for enhver tenkelig beslutning.

Ved inngangen til periode 0 finns det naturligvis allerede en infrastruktur og en mengde humankapital. Beslutningstakeren har også en viss mengde verdipapirer i utgangspunktet. La  $\bar{X}_j$  betegne den initiale beholdningen av det innteksbringende objekt nr.  $j$ . Vi kommer nå til sjølv hovedsaka i modellen: Mens mengda av det sikre objektet  $X_0$  og mengda av de usikre verdipapirene  $X_1$  og  $X_2$  kan velges fritt, uavhengig av initialbeholdningen, må beslutningstakeren pent sitte med den nedarvede humankapitalen og infrastrukturen. Kaller vi humankapitalen objekt nr. 3 og infrastrukturen objekt nr. 4, har vi altså  $X_3 \geq 0$  og  $X_4 \geq 0$ . Noen tilsvarende begrensning gjelder ikke for objektene som kan kjøpes og selges fritt, dvs.  $X_0$ ,  $X_1$  og  $X_2$ .

Forbrukeren har en arbeidsfri inntekt etter investeringer  $M$  og en arbeidsinntekt  $wL$ , der  $w$  er timelønn (vi ser bort fra skatter) og  $L$  er antall arbeidstimer i perioden. Dette bruker han på  $n$  ulike varer og tjenester pluss et antall kilometer med transport. La  $p_i$  være prisen og  $y_i$  mengda av vare nr.  $i$ , og la  $p$  uten indeks være kilometerkostnaden ved transport. Antall kilometer er  $a$ . Budsjettet blir da:

$$\sum_i p_i y_i + pa = M + wL \quad (1)$$

Når tilgjengelig antall timer i perioden er  $\bar{t}$ , fritid er  $z$  timer og kilometertida ved transport (den inverse av farta) er  $t$ , blir tidsbudsjettet

$$z + L + ta = \bar{t} \quad (2)$$

Bruker vi (2) til å sette inn for  $L$  i (1), får vi:

$$\sum_i p_i y_i + (p + wt)a + wz = M + w\bar{t} = C \quad (3)$$

Vi har altså kalt den teoretisk oppnåelige inntekten (hvis all fritid blei brukt til arbeid) for  $C$ . På grunnlag av (3) kan vi skrive forbrukerens indirekte nyttefunksjon som  $V(\mathbf{p}, p + wt, w, M + w\bar{t})$ , der  $\mathbf{p} = (p_1, \dots, p_n)$ .

Ser vi først på hvordan nytten blir i periode 0, så kan vi anta at forbrukeren har en formue  $W_0$  ved starten av perioden. Den bruker han til å investere, og restbeløpet er disponibelt for forbruk. Investeringen i humankapital har form av en modifisering av tidsbudsjettet (2), idet timer settes av til utdanning. Vi bruker fotskrift 0 og 1 på variable som endrer seg fra periode til periode. Følgelig:

$$C_0 = W_0 - \sum_{j=0,1,2,4} P_{j0} X_j + w_0 (\bar{t} - X_3) \quad (4)$$

og

$$V_0 = V\left(\mathbf{p}, p + w_0 t_0, w_0, W_0 - \sum_{j=0,1,2,4} P_{j0} X_j + w_0 (\bar{t} - X_3)\right) \quad (5)$$

I periode 1, som er siste periode, vil beslutningstakeren leve av formuen, men vil også arbeide og reise som før. Prisen i periode 1 på de markedsomsatte objektene er  $P_{j1}$ ,  $j = 0, 1, 2$ . Bortsett fra det sikre objektet, er denne prisen stokastisk. Han selger altså alle sine verdipapirer og mottar salgssummen. Samtidig høster han



gevinsten av utdanningen i form av høyere timelønn, og av infrastrukturinvesteringen i form av lavere reisetid. Timelønna i periode 1 er  $w_1$ :

$$w_1 = w_0 + bX_3 \quad (6)$$

Reisetida er  $t_1$ :

$$t_1 = t_0 - cX_4 \quad (7)$$

$b$  er en stokastisk variabel, men  $c$  er sikker. Det er verdien av virkningen  $c$ , altså tidsverdien, som er usikker, ikke  $c$ . Vi har nå:

$$C_1 = \sum_{j=0}^2 P_{j1} (X_j + \bar{X}_j) + (w_0 + bX_3) \bar{t} \quad (8)$$

og

$$V_1 = V \left( \mathbf{p}, p + (w_0 + bX_3)(t_0 - cX_4), w_0 + bX_3, \sum_{j=0}^2 P_{j1} (X_j + \bar{X}_j) + (w_0 + bX_3) \bar{t} \right) \quad (9)$$

#### 4.4.2 Investeringsproblemet

Forbrukeren maksimerer forventet nytte over de to periodene. La  $\theta$  være en gitt nytteneddiskonteringsfaktor. Problemet er:

$$\text{Max}_{X_0, X_1, X_2, X_3, X_4} U = V_0 + \theta E[V_1] \quad \text{gitt } X_3 \geq 0, X_4 \geq 0$$

der  $V_0$  og  $V_1$  er gitt ved (5) og (9).

#### 4.4.3 Optimalitetsbetingelser for markedsomsatte verdipapirer

For  $j = 0, 1, 2$  har vi førsteordensbetingelsen

$$\frac{\partial V_0}{\partial C_0} (-P_{j0}) + \theta E \left[ \frac{\partial V_1}{\partial C_1} P_{j1} \right] = 0 \quad (10)$$

Nå definerer vi avkastningen  $R_j$  ved  $R_j \equiv P_{j1}/P_{j0}$ . Ved regneregelen  $E[XY] = \text{cov}(X, Y) + E[X]E[Y]$  kan da (10) omformes til

$$\frac{\partial V_0}{\partial C_0} = \theta \text{cov} \left( \frac{\partial V_1}{\partial C_1}, R_j \right) + \theta E \left[ \frac{\partial V_1}{\partial C_1} \right] E[R_j] \quad (11)$$

Vi ser at for det sikre objektet 0 vil kovariansen i (11) være 0 og  $E[R_0] = R_0$ , slik at vi får:

$$R_0 = \frac{\partial V_0 / \partial C_0}{\theta E[\partial V_1 / \partial C_1]} \quad (12)$$

Siden vi antar at det er mulig å låne og spare ubegrenset i markedet for risikofri objekter, vil  $R_0$ , som her er en subjektiv rente, nødvendigvis bli lik  $1 +$  markedsrenta for sikre objekter for alle aktører, også for vår forbruker. Vi kan dermed tolke  $R_0$  som  $1 +$  den risikofrie renta i markedet.

Bruker vi (12) i (11) og ordner, får vi for  $j = 1, 2$ :

$$E[R_j] - R_0 = - \frac{\text{cov}\left(\frac{\partial V_1}{\partial C_1}, R_j\right)}{E\left[\frac{\partial V_1}{\partial C_1}\right]} \quad (13)$$

Forbrukeren opplever venstresida som eksogent gitt og tilpasser høyresida. Investeringene skal altså tilpasses slik at forskjellen mellom den forventede avkastningen på objekt  $j$  og den sikre avkastningen blir lik høyresida. Hvis vi antar at  $C_1$  og  $R_j$  begge er normalfordelte, kan høyresida gis en form som er mer hensiktsmessig. Vi kan da nemlig anvende Steins lemma (Lund 1993b), som sier at når  $X$  og  $Y$  er normalfordelte og  $g(\cdot)$  er begrenset, gjelder

$$\text{cov}(g(X), Y) = E[g'(X)] \text{cov}(X, Y) \quad (14)$$

Steins lemma gir da

$$E[R_j] - R_0 = - \frac{E\left[\frac{\partial^2 V_1}{\partial C_1^2}\right]}{E\left[\frac{\partial V_1}{\partial C_1}\right]} \text{cov}(C_1, R_j) \quad (15)$$

Her er første faktor på høyresida – alt unntatt kovariansen – det såkalte absolutte risikoaversjonsmålet. Hvis det er null, sier vi at beslutningstakeren er risikoneutral. I så fall vil han ikke stille krav om ekstra avkastning på risikable objekter. Avkastningskravet er høyere jo mer risikoavers forbrukeren er. Vi ser ellers at avkastningskravet til forbrukeren er høyt når kovariansen mellom avkastningen på det aktuelle objektet og det totale forbruksbudsjettet er stor. Det er kovariansen med de samlede inntektene, ikke variansen, som har betydning.

Ved aggregering over alle usikre markedsomsatte papirer (her objekt 1 og 2) kan vi komme videre fra (15) til en generalisert CAPM-modell for omsettelige papirer som gjelder også når det finnes uomsettelige objekter (Lund 1993b). Vi skal her bare gjennomføre første steg i en slik prosess, siden vår interesse gjelder de uomsettelige objektene.

Vi definerer først  $R_m$  som et vilkårlig veid gjennomsnitt av  $R_1$  og  $R_2$ :

$$R_m \equiv \alpha_1 R_1 + \alpha_2 R_2, \quad \alpha_1 + \alpha_2 = 1 \quad (16)$$

Summer (15) over  $j = 1, 2$  med brukt av de samme vektene:

$$\sum_{j=1}^2 \alpha_j (E[R_j] - R_0) = - \frac{E\left[\frac{\partial^2 V_1}{\partial C_1^2}\right]}{E\left[\frac{\partial V_1}{\partial C_1}\right]} \sum_{j=1}^2 \alpha_j \text{cov}(C_1, R_j) \quad (17)$$

Bruker vi regnereglene for forventninger på venstresida og regnereglene for kovarianser på høyresida, kan (18) skrives

$$E[R_m] - R_0 = - \frac{E\left[\frac{\partial^2 V_1}{\partial C_1^2}\right]}{E\left[\frac{\partial V_1}{\partial C_1}\right]} \text{cov}(C_1, R_m) \quad (18)$$

(18) gir oss mulighet til å erstatte den absolutte risikoaversjonskoeffisienten i (15) med venstresida i (18) delt på kovariansen på høyresida i (18). Når vi gjør dette, blir det nye uttrykket for (15):

$$E[R_j] - R_0 = \frac{\text{cov}(C_1, R_j)}{\text{cov}(C_1, R_m)} (E[R_m] - R_0) \quad (19)$$

La oss tenke over hva vi har gjort. (19) er ikke annet enn en omforming av optimalitetsbetingelsen (10), som er ett av kravene som må være innfridd for at vår forbruker skal få mest mulig ut av sine investeringsmuligheter. Omformingen er gyldig når Steins lemma kan brukes og når  $R_0$  og  $R_m$  er definert slik vi har gjort. Vi har argumentert for at  $R_0$  slik vi har definert den, må være lik den risikofri markedsrenta. Vi kan nå presisere vår definisjon av  $R_m$  slik at den blir lik avkastningen på markedsporteføljen, eller avkastningen på børsindeksen, om man vil. Det er bare å velge vektene  $\alpha_j$  slik at vekta for hvert verdipapir tilsvare andelen som dette papiret har i den totale børsverdien.<sup>6</sup>

Formelt sett likner (19) veldig på CAPM-modellen, men i stedet for CAPM-modellens beta, som er definert som kovariansen mellom  $R_j$  og  $R_m$  delt på variansen til  $R_m$ , har vi her forholdstallet mellom to kovarianser som begge involverer forbruksmuligheten  $C_1$  til vår forbruker i periode 1. I (19) er venstresida fremdeles eksogen, mens i CAPM er venstresida resultatet av en markedslikevekt. Det CAPM gjør, er å vise hva resultatet i markedet blir når det finns mange forbrukere som alle tilpasser seg ifølge (19), og det ikke inngår inntekter fra uomsettelige objekter i  $C_1$ . Som sagt skal vi ikke utlede den generaliserte CAPM-formelen her, men bygge på (19). CAPM-modellen gjelder ikke for uomsettelige objekter. Vårt formål er å vise at noe litt svakere, nemlig (19) med ulikhet, gjelder også for uomsettelige objekter, og skissere estimeringsmuligheter for "beta" på det grunnlaget.

---

<sup>6</sup> I vår modell er det bare to børsnoterte usikre verdipapirer, men det kunne åpenbart ha vært utvidet til flere. Modellen må omfatte *alle* børsnoterte papirer dersom  $R_m$  skal kunne tolkes som avkastningen på markedsporteføljen, men i vår modell tenker vi oss altså at det bare er to verdipapirer på børsen.

#### 4.4.4 Optimalitetsbetingelser for uomsettelige objekter

I likning (10) ga vi de tre førsteordensbetingelsene for optimum som følger av å sette de deriverte mhp  $X_0$ ,  $X_1$  og  $X_2$  lik 0. Her fortsetter vi med Kuhn-Tuckerbetingelsene for  $X_3$  og  $X_4$ . Siden de må være positive, har de form av ulikheter.

$$\begin{aligned}\frac{\partial U}{\partial X_3} &= \frac{\partial V_0}{\partial C_0}(-w_0) + \theta E \left[ -\frac{\partial V_1}{\partial C_1}(bt_1a_1 + bz_1 - b\bar{t}) \right] \\ &= -w_0 \frac{\partial V_0}{\partial C_0} + \theta E \left[ \frac{\partial V_1}{\partial C_1} bL_1 \right] \leq 0 \quad (= 0 \text{ for } X_3 > 0)\end{aligned}\quad (20)$$

Ved likhetstegnet i første linje har vi brukt Roys identitet. Likhetstegnet i andre linje følger av (2). Nå definerer vi

$$R_3 \equiv \frac{bL_1}{w_0} \quad (21)$$

Tolkningen av  $R_3$  er helt naturlig – vi ser at  $R_3$  er økningen i arbeidsinntekt i siste periode pr. krone brukt til utdanning i første periode.

Med denne definisjonen får (20) samme form som (10). Utledningen videre er identisk med utledningen fra (10) til (19), bortsett fra ulikhetstegnet. Vi får altså

$$E[R_3] - R_0 \leq \frac{\text{cov}(C_1, R_3)}{\text{cov}(C_1, R_m)} (E[R_m] - R_0) \quad (22)$$

Vi ser at hvis høyresida er for stor i optimum, er det ikke optimalt å investere i humankapital.

Så kommer vi endelig til infrastrukturen. Kuhn-Tuckerbetingelsen er:

$$\begin{aligned}\frac{\partial U}{\partial X_4} &= \frac{\partial V_0}{\partial C_0}(-P_{40}) + \theta E \left[ -\frac{\partial V_1}{\partial C_1} a_1(-w_1c) \right] \\ &= -P_{40} \frac{\partial V_0}{\partial C_0} + \theta \left\{ \text{cov} \left( \frac{\partial V_1}{\partial C_1}, w_1a_1c \right) + E \left[ \frac{\partial V_1}{\partial C_1} \right] E[w_1a_1c] \right\} \leq 0 \quad (= 0 \text{ for } X_4 > 0)\end{aligned}\quad (23)$$

I andre linje har vi her allerede brukt regneregelen for kovarians. På samme måte som før kan vi definere avkastningen av infrastruktur,  $R_4$ :

$$R_4 \equiv \frac{w_1a_1c}{P_{40}} \quad (24)$$

Her er det reisevirksomheten målt i kilometer,  $a$ , og den framtidige tidsverdien  $w_1$  som er stokastiske variable, mens  $c/P_{40}$  er en vanskelig estimerbar konstant.

$R_4$  er avkastningen av infrastrukturinvesteringen. Bortsett fra at nytta i periode 1 ikke er neddiskontert, kan  $R_4$  også tolkes som en gammeldags nyttekostnadsbrøk – over brøkstreken står verdien av spart reisetid i andre periode, under brøkstreken står investeringsbeløpet. Sammenfallet med nyttekostnadsbrøken skyldes at vi her er i en toperiodemodell. Uansett leder den samme utledningen fra (10) til (19) igjen til resultatet:

$$E[R_4] - R_0 \leq \frac{\text{cov}(C_1, R_4)}{\text{cov}(C_1, R_m)} (E[R_m] - R_0) \quad (25)$$

Det vil altså ikke bli investert i infrastruktur hvis ikke forventet avkastning av de beste tilgjengelige prosjektene er stor nok til at likhetstegnet gjelder ved beste mulige tilpasning.

#### 4.4.5 Investeringskriterium

Vi kunne kalle (25) med streng ulikhet for et ikke-investeringskriterium. Det er naturlig å tru at et investeringskriterium vil være lik (25), bare med ulikheten snudd. Vi skal vise at det faktisk er tilfelle. Vi fortsetter å følge Lund (1987, 1993b).

Anta at forbrukeren har løst investeringsproblemet med det resultat at det ikke skal investeres i ny infrastruktur, dvs.  $X_4 = 0$ . Men i etterkant dukker det opp en ny investeringsmulighet, denne gang med en pris som er lavere enn  $P_{40}$ . Dette er svært realistisk når det gjelder samferdsel, siden det kontinuerlig utarbeides nye prosjektforslag, og noen av dem vil ha høyere lønnsomhet enn anslaget  $P_{40}$  på kostnad pr. tidsbesparelse.

Det nye prosjektet må finansieres ved en reduksjon i  $W_0$  i første periode (se likning (4)). Anta den nye prisen pr. enhet tidsreduksjon er  $I$ , slik at reduksjonen i  $W_0$  er  $IX_4$ . Prosjektet er lønnsomt hvis nyttetapet ved det oppveies av nytteøkningen i andre periode, eller

$$-I \frac{\partial V_0^*}{\partial W_0} + \theta E \left[ \frac{\partial V_1^*}{\partial X_4} \right] \geq 0 \quad (26)$$

Regner vi på det ved hjelp av (5), (9) og Roys identitet, får vi at (26) kan skrives

$$-I \frac{\partial V_0^*}{\partial C_0} + \theta E \left[ \frac{\partial V_1^*}{\partial C_1} w_1 a_1 c \right] \geq 0 \quad (27)$$

Sammenlikner vi med første linje i (23), ser vi at dette kan omformes videre på samme måte som omformingen av Kuhn-Tuckerbetingelsene ovenfor. Vi definerer  $R_I$ , avkastningen på et prosjekt med prisen  $I$ , på samme måte som før, og får

$$R_I \equiv \frac{w_1 a_1 c}{I} \quad (28)$$

og

$$\begin{aligned} E[R_I] - R_0 &\geq \frac{\text{cov}(C_1, R_I)}{\text{cov}(C_1, R_m)} (E[R_m] - R_0) \\ &= \frac{c}{I} \cdot \frac{\text{cov}(C_1, w_1 a)}{\text{cov}(C_1, R_m)} (E[R_m] - R_0) \end{aligned} \quad (29)$$

Vi kan tolke (29) dit hen at prosjekter med høyere internrente enn den risikofrie renta pluss høyresida i (29), er lønnsomme og bør iverksettes. Problemet med å

anvende dette kriteriet, er imidlertid at vi ikke kan skaffe noe godt anslag på  $c/I$ . Dette problemet løser vi som følger<sup>7</sup>: Betrakt et marginalt lønnsomt prosjekt, altså et prosjekt som har likhetstegn i (29). For et slikt prosjekt må den gammeldagse nyttetekostnadsbrøken pr. definisjon være 1 når vi neddiskonterer nytta med den riktige diskonteringsfaktoren og bruker forventningsverdier for de usikre variablene i regnestykket. Kall den riktige kalkulasjonsrenta  $q$  og nyttetekostnadsbrøken  $NKB$ . For det marginalt lønnsomme prosjektet har vi

$$NKB = \frac{1}{1+q} \frac{E[w_1 a_1] c}{I} = 1 \quad (30)$$

Av (30) finner vi at  $c/I = (1+q)(E[w_1 a_1])^{-1}$ . Samtidig må vi i dette marginale tilfellet ha at  $E[R_I] = 1+q$ , ellers ville ikke  $q$  være den riktige kalkulasjonsrenta, og vi har likhet i (29). Av dette kan vi regne ut  $1+q$ , som vi så kan sette inn i investeringskriteriet (29). Vi bruker en regneregul for kovarianser til å sette  $E[w_1 a_1]$  inn i kovariansen, og får vårt endelige investeringskriterium:

$$E[R_I] - R_0 \geq \beta (E[R_m] - R_0) \quad (31)$$

der

$$\beta = R_0 \frac{\frac{\text{cov}\left(C_1, \frac{w_1 a_1}{E[w_1 a_1]}\right)}{\text{cov}(C_1, R_m)}}{1 - \frac{\text{cov}\left(C_1, \frac{w_1 a_1}{E[w_1 a_1]}\right)}{\text{cov}(C_1, R_m)} (E[R_m] - R_0)} \quad (32)$$

Hva infrastrukturprosjekter i samferdsel angår, er (31) sluttresultatet fra den teoretiske modellen, og (32) er den beta som skal estimeres, gitt  $R_0 = 1.02$  og  $E[R_m] - R_0 = 0.04$ , som fastlagt av Finansdepartementet. (31) er formelt sett lik kapitalverdimodellen. Forskjellen ligger i beta. Vi ser at den stokastiske avkastningen skal normaliseres.

#### 4.4.6 Inkonsistenser og svakheter i modellen

Det er følgende svakheter ved modellen: Den gjelder et enkeltindivid. Individet kunne kanskje være en representativ konsument, dvs. at individets indirekte nytte var en velferdsfunksjon for samfunnet som helhet. Men denne tolkningen er teoretisk uforenlig med risikoaversjon. Vilkåret for at en representativ konsument skal eksistere, er nemlig at alle individenes nyttefunksjoner har en bestemt form (Gormans polære form), og denne forma medfører at den andrederiverte av inntekten er null. Dessuten har individet i vår modell på litt kunstig vis blitt smeltet sammen med det offentlige når det gjelder infrastrukturbeslutningen. I dette ligger

<sup>7</sup> Det følgende følger ikke Lund (1993b).

den svakheten at en ikke skikkelig kan ta hensyn til skatter, det offentlige budsjettbalanse og skattefaktoren. Endelig er det en svakhet at det bare er én transportmåte i modellen.

Et annet problem gjelder forholdet mellom transportmodellene og alle modeller for kalkulasjonsrenta av den typen som vi behandler her. I en annen sammenheng (Minken 2005) har vi argumentert for at reglene for nyttekostnadsanalyse i transportsektoren bør utledes av en modell som er mest mulig lik de transportmodellene som faktisk brukes i sektoren.<sup>8</sup> Ellers oppstår et misforhold mellom nytteberegningen og de underliggende adferdsantakelsene. Skulle vi opprettholde et slikt krav her, ville alle samferdselsprosjekter få kalkulasjonsrente lik den risikofrie renta. Det er nemlig slik at transportmodellene er et spesialtilfelle av Gormans polære form – de impliserer risikonøytralitet. Denne inkonsistensen vil hefte ved enhver modell for kalkulasjonsrenta som innebærer et positivt risikotillegg. Siden det er nokså åpenbart at både enkeltindividene og det offentlige tar hensyn til risiko, og også at de bør gjøre det, må vi ”overprøve” transportmodellene i dette tilfellet.

#### 4.4.7 Bruksområde for modellen og andre spørsmål

(31) og (32) gjelder i prinsippet et tilfeldig individ. Derfor kan vi om ønskelig differensiere kalkulasjonsrenta mellom grupper av individer eller husholdninger alt etter hvordan inntektene deres er sammensatt mellom lønnsinntekt og arbeidsfri inntekt, hvordan inntektene utvikler seg, og spesielt hva slags lønnsutvikling de har. Vi antar at det er lite aktuelt for de fleste formål. En grunn er at lønns- og inntektsforhold ikke hører med blant de data vi vanligvis har og bruker i transportanalyser. Følgelig lar vi (32) representere risikoen ved årlig netto nytte av reisene til alle individer i et avgrenset geografisk område – sjøl om dette skaper teoretiske problemer.

Modellen har bare én type reiser. Det avgrenser bruksområdet naturlig til analyser som bare tar én transportmåte i betraktning (unimodale analyser). Slike analyser gjøres det mange av innen alle samferdselssektorene. Til og med i jernbanesektoren er det i regelen bare jernbanereiser som modelleres eksplisitt. For å legge til rette for slike analyser, bør (32) estimeres for de ulike transportmåtene (bil, båt, fly, bane). Ytterligere differensiering er mulig – fylkesvis, by/land, korte/lange, reiser til ulike tider og reiser med ulike reiseformål. To ting er avgjørende for hva en kan gjøre: For det første at en kan foreta en riktig avgrensning av hva slags reiser som er relevant i hvert enkelt prosjekt, og for det andre at det finnes historiske data om antallet relevante reiser.

I større prosjekter vil nyttekostnadsanalysen ofte være transportmiddelovergripende, og når det gjelder transportmiddelovergripende prosjekter, vil vi komme tilbake til det i neste avsnitt. Godstransport vil vi behandle på samme måte som persontransport, dvs. som om det var en aktivitet som blei styrt av beslutnings-takeren i vår modell. Vår foreløpige konklusjon med hensyn til modellen, er derfor at den bør estimeres for person- og godstransport for transportslagene bil,

---

<sup>8</sup> Vanligvis såkalte nested logitmodeller.

båt, fly, bane, med et mulig skille mellom korte og lange reiser, eller mellom by og land.

Spørsmålet om bedriftsøkonomiske analyser kan gi relevante data er stilt av Samferdselsdepartementet. Vi konkluderte negativt på det punktet allerede i avsnitt 4.1. Men med utviklingen av formel (32) finnes det en mulighet til å teste dette empirisk. Ved å sammenlikne estimerte betaer etter formel (32) med betaer fra børsen, vil en kunne finne verdipapirer med samme risiko som de ulike typene av samferdselsinvesteringer. Spørsmålet er så om en kan forklare sammenfallet med felles underliggende årsaker til risikoen. Hvis det er mulig, kan en eventuelt bruke disse verdipapirene som indikatorer på samferdselsbetaer i framtida. Vi har ikke gått nærmere inn på dette.

Det er også stilt spørsmål om risikopremier beregnet ut i fra børsdata kan modifiseres for å brukes til å anslå samfunnsøkonomisk risiko. Svaret på det ligger vel i formel (32). Denne formelen angir hvordan forventning og risiko ved markedsporteføljen inngår i beregningen av samferdselsbeta.

Når det gjelder hva fordelingen av kostnadene på faste og variable kan ha å si for risikotillegget, må vi merke oss at modellen vår gjelder kun for investeringsprosjekter. Til nyttekostnadsberegning av prosjekter uten investering må vi videreutvikle modellen i henhold til punkt 4 i avsnitt 4.3. Slike prosjekter vil jo nemlig involvere endringer i skatter og avgifter.

Vi kan også merke oss at modellen i prinsippet ikke gjelder for kalkulasjonsrenter i anleggstida. Investeringsbeløpet i periode 0 er jo antatt å være deterministisk. En høvelig kalkulasjonsrente til bruk på anleggskostnadene kan foreløpig settes lik byggerenta i private byggeprosjekter. I årlig netto nytte vil det finnes et innslag av faste kostnader i vedlikehold, men vi anser ikke det som så vesentlig i totalregnestykkene at vi trenger å justere for det. Det stiller seg kanskje annerledes for innkjøpt materiell i de tilfellene hvor det ikke finnes noe utviklet annenhåndsmarked, dvs. jernbanemateriell og muligens ferjer. Dette momentet trekker i retning av å justere beta for jernbaneprosjekter opp.

## 4.5 Andre virkemidler enn infrastruktur - utbygging av modellen

Modellen kan utbygges ved å skille mellom forbrukerne og det offentlige (se punkt 4 i avsnitt 4.3). Men det finnes visse problemer med å lage en god modell som tar hensyn til at det ikke er husholdningene, men det offentlige som framskaffer infrastruktur. Det offentlige vil finansiere infrastrukturen over skatteskjeddelen. Men hvilken skatt skal økes? Og skal den økes bare i periode 0, eller i begge periodene? Hvis den økes i den usikre perioden, får løsningen et svært komplisert preg, men hvis den (nokså urealistisk) økes bare i den perioden hvor prosjektet anskaffes, vil løsningen være ganske lik løsningen i modellen vi har vist.

Vi rapporterer ikke i detalj om videreutvikling av modellen. Det eneste som bør framheves av våre foreløpige resultater, er det intuitivt riktige resultatet at når vi har flere reisemåter, skal riktig beta være en vektet sum av beta for hver av reise-



måtene, med andelene i årlig netto nytte som vektor. Det er løsningen på spørsmålet om kalkulasjonsrenta i transportmiddelovergripende prosjekter.

En vellykket videreutvikling av modellen er viktig for vurdering av beta når det ikke er noen investering, men prosjektet består av endringer i skatter og avgifter.

## 5 Data og estimering

### 5.1 Prinsipper for estimeringen

På grunnlag av data for konsum i husholdningene,  $C$ , avkastningen på børsen,  $R_m$ , og vår indikator for netto nytte i prosjektet,  $wa$ , skal vi estimere kovariansene i (32) for bil, båt, fly og bane, med et mulig skille mellom lokale og landsomfattende analyser eller mellom korte og lange reiser.

Kovariansene i (32) er kovarianser mellom variablene over ulike tilstander som kan forekomme i modellens periode 1. Modellens periode 1 må vi forstå som et hvilket som helst av de 25 årene i analyseperioden i en samfunnsøkonomisk beregning. Datamaterialet vi skal bruke, må derfor tilpasses slik at det kan forstås som realiseringer av de usikre variablene i ulike verdenstilstander som vil kunne forekomme i et tilfeldig år i analyseperioden. Bruker vi tidsseriedata, må vi derfor fjerne alt som har å gjøre med at observasjonene hører hjemme i en kronologisk orden. Det innebærer:

- Vi må korrigere for prisstigning, dvs. uttrykke variablene i faste kroner
- Vi må ta vekk trend fra data, dvs. fjerne innvirkningen av alt som fører til vekst over tid i variablene
- Vi må sørge for at alle mulige framtidige verdenstilstander er representert i datamaterialet, og at hver tilstand forekommer med samme hyppighet som vi kan forvente i framtida

I tråd med Halleraker (1995) skal vi anta at en verdenstilstand kjennetegnes ved oljeprisen, som kan være høy eller lav, og konjunktorene i verdensøkonomien, som kan være mer eller mindre gunstige. Betrakter vi perioden 1985-2004 i det lys, inneholder den opp- og nedgangstider for verdensøkonomien i en blanding som det ikke er noen grunn til å tru at blir annerledes i framtida. Derimot inneholder den langt flere år med lav oljepris enn det vi kan forvente i framtida, slik at det kanskje bør korrigeres for dette. Metoden for en slik korreksjon er skissert i avsnitt 5.2.

For reiser og netto nasjonalinntekt, dvs. variablene  $a$  og  $C$ , vil vi bruke tall pr. innbygger. Å dele på antall innbyggere vil si å eliminere befolkningsutviklingen som kilde til vekst i årlig netto nytte. Dette er forsvarlig hvis den detrendede befolkningsutviklingen nasjonalt eller i det området vi betrakter, ikke er korrelert med avkastningen på børsen eller netto nasjonalinntekt pr. innbygger.

Årlig netto nytte er usikker på grunn av usikkerhet om (a) demografisk utvikling, (b) inntektsutvikling (c) andre faktorer som påvirker reiseomfanget og individenes verdsetting. (I tillegg kommer usikkerhet om transportmodellens kvalitet, om teknologiutviklingen, om nasjonal politikk osv.) Ved å modellere årlig netto nytte som proporsjonal med produktet av de to usikre faktorene  $w_1$  og  $a$  tar vi hensyn til alle disse tre kildene til usikkerhet i den grad det dreier seg om usikkerheten om

konjunktorene i det enkelte år, snarere enn på langt sikt. Når årlig netto nytte i våre regnestykker øker år for år i analyseperioden, skal vi litt forenklet anta at det skyldes faktorer som ikke påvirkes av oljeprisen eller verdenskonjunktorene. Disse faktorene omfatter demografisk utvikling, teknologisk endring, eventuelle endringer i samferdselspolitikken o.l. Dermed har vi samme systematiske risiko i alle år i analyseperioden.

Data for de siste 20 år bør brukes, da det er en periode hvor bilholdet har nådd et "modent" nivå, og konjunktorene har variert på en måte som vi også vil kunne se i framtida. En annen grunn til å bruke perioden 1985-2004 til estimeringen, er at børsen tidligere ikke spilte noen sentral rolle og ikke utgjorde noe velutviklet marked.

## 5.2 Korreksjon for høyere oljepriser i framtida

Den betingede kovariansen mellom  $X$  og  $Y$ , eller kovariansen mellom  $X$  og  $Y$ , gitt  $Z$ , er definert som

$$\text{cov}(X, Y | Z) = E(XY | Z) - E(X | Z) \cdot E(Y | Z)$$

Følgende lovmessighet kan bevises:

$$\text{cov}(X, Y) = E_Z[\text{cov}(X, Y | Z)] + \text{cov}(E_X(X | Z), E_Y(Y | Z))$$

I vårt materiale er år med høy oljepris (grovt) underrepresentert. Vi ønsker å beregne  $\text{cov}(C, R_m)$  og  $\text{cov}(C, wa)$  for framtida under forutsetning av at den framtidige fordelingen av år med høy og lav oljepris er helt annerledes. Til det kan vi bruke formelen for betinget kovarians.

La  $Z = 0$  betegne lav oljepris og  $Z = 1$  høy oljepris. La forventet andel år med høy oljepris være  $p$ .  $C_H$  og  $C_L$  er inntekta når oljeprisen er henholdsvis høy og lav; tilsvarende for  $R_{mH}$  og  $R_{mL}$ . Forventningsverdier er markert med strek over variabelen. Vi går skrittvis fram i våre beregninger, og får først

$$\text{cov}(C, R_m) = p \text{cov}(C_H, R_{mH}) + (1-p) \text{cov}(C_L, R_{mL}) + \text{cov}(E(C | Z), E(R_m | Z))$$

I neste skritt regner vi så ut siste ledd i formelen ovenfor, kovariansen mellom forventningsverdiene:

$$\begin{aligned} & \text{cov}(E(C | Z), E(R_m | Z)) \\ &= E_Z[E_C(C | Z)E_{R_m}(R_m | Z)] - E_Z[E_C(C | Z)] \cdot E_Z[E_{R_m}(R_m | Z)] \\ &= p\bar{C}_H\bar{R}_{mH} + (1-p)\bar{C}_L\bar{R}_{mL} - (p\bar{C}_H + (1-p)\bar{C}_L) \cdot (p\bar{R}_{mH} + (1-p)\bar{R}_{mL}) \\ &= p\bar{C}_H\bar{R}_{mH} + (1-p)\bar{C}_L\bar{R}_{mL} - \{p^2\bar{C}_H\bar{R}_{mH} + (1-p)^2\bar{C}_L\bar{R}_{mL} + p(1-p)(\bar{C}_H\bar{R}_{mL} + \bar{C}_L\bar{R}_{mH})\} \\ &= p(1-p)\{\bar{C}_H\bar{R}_{mH} + \bar{C}_L\bar{R}_{mL} - \bar{C}_H\bar{R}_{mL} - \bar{C}_L\bar{R}_{mH}\} \\ &= p(1-p)(\bar{C}_H - \bar{C}_L)(\bar{R}_{mH} - \bar{R}_{mL}) \end{aligned}$$

Samlet:

$$\text{cov}(C, R_m) = p \text{cov}(C_H, R_{mH}) + (1-p) \text{cov}(C_L, R_{mL}) + p(1-p)(\bar{C}_H - \bar{C}_L)(\bar{R}_{mH} - \bar{R}_{mL})$$

Samme formel gjelder også for  $\text{cov}(C, wa)$ .

### 5.3 Data

Data for netto nasjonalinntekt, og i de fleste tilfeller også antall reiser, vil i høyden finnes pr. år. Det tvinger oss jo til å måle kovarianser på årsbasis. Det kan argumenteres for at det også er det mest relevante. Vi har jo ingen separate modeller for reiseetterspørselen i hver måned eller årstid, så variasjoner over året fanger vi under ingen omstendigheter opp.

Når det gjelder data om transportarbeidet (variabel  $a$ ), har vi brukt TØIs årlige statistikk, sist oppdatert i Rideng (2005)<sup>9</sup>, tabell 2 når det gjelder persontransport og tabell 5 når det gjelder godstransport. Data i tabell 2 gjelder innenlands transportarbeid etter transportmåte, målt i millioner passasjerkilometer. Befolkningsutviklingen vil være en av faktorene som påvirker disse dataene, årlig reiselengde pr. person vil være en annen. Vi har beregnet transportarbeidet pr. capita ved å dele på antall innbyggere over 13 år i Norge, tatt fra statistikkbanken på SSBs hjemmeside.

Det kan tenkes at det finnes andre data, som trafikktegninger på utvalgte punkter, tall fra bomselskaper, passasjertall fra kollektivselskaper, luftfartsstatistikk, lastebiltegninger m.m. En kunne tenke seg at reisevaneundersøkelsene kunne brukes for å finne trafikkvolum på geografisk mer avgrensede områder, men de finnes bare i utvalgte år. Et problem er også at disse undersøkelse ikke er helt sammenliknbare fra gang til gang.

En kilde til data på lokalt nivå er kapittel 7 om samferdsel i Statistisk årbok for Oslo. Vi har brukt data for bomplasseringer, passering over bygrensa og kollektivpassasjerer, men skal ikke rapportere resultater av dette her. Grunnen er at resultatene ikke stemte godt overens med resultatene med nasjonale data, hvilket kan skyldes datakvaliteten eller at vi ikke hadde inntektsvariable og hensiktsmessige demografiske data på lokalt nivå.

Variabelen  $w$  skal representere timelønn etter skatt når det gjelder persontransport, lønnskostnader pr. time når det gjelder godstransport. I ”Emne 09, tabell 05217” under statistikkbanken på SSBs hjemmeside har vi funnet tall for årlig endring i nominell lønn pr. timeverk og i lønnskostnader pr. timeverk. Siden variabelen  $wa$  skal normaliseres i henhold til likning (32), trenger vi ikke å vite lønnsnivået. Vi har satt nivået i 1983 til 100 og beregnet lønn pr. timeverk i hvert påfølgende år ved hjelp av tabellen, og deretter omgjort til faste kroner med konsumprisindeksen.

---

<sup>9</sup> Denne publikasjonen er ennå ikke utgitt, og for noen få tallserier mangler fremdeles 2004.

Ved å multiplisere  $w$ , uttrykt i faste kroner, med  $a$ , som er transportarbeid pr. capita, har vi så dannet vår variabel  $wa$ , som er normalisert ved å dele på gjennomsnittet.

Hva angår avkastningen på børsen,  $R_m$ , har vi brukt tall fra Oslo børs' internett-side over børsindeksen ved utløpet av året. Den tidligere totalindeksen er kjedet sammen med "Oslo børs benchmark" med 1995 som felles år. Som for de andre variablene vil vi ha børsindeksen i faste kroner, så vi prisjusterer med konsumprisindeksen. Avkastningen er definert som indeksen i det ene året delt på indeksen i det forrige. Dette er i tråd med modellen (avsnitt 4.4.3).

Variabelen  $C$  har vi definert som husholdningenes konsum i faste kroner. Data er hentet fra SSBs historiske statistikk, nasjonalregnskapsdelen. Vi har delt på antall innbyggere over 13 år for å oppnå konsistens med variabelen  $wa$ .

## 5.4 Detrending

Som nevnt i avsnitt 5.1, må data detrendes. Vi har prøvd ulike metoder. Maddala (side 259) rapporterer at DSP-modellen (difference stationary process) passer best for de fleste tidsseriedata. Vi har funnet at både når det gjelder testing av ulike modeller og rimeligheten i resultatene de gir, er DSP den rette metoden for variablene  $C$  og  $wa$ . Når det gjelder  $R_m$ , finner vi ikke at det er noen trend i denne variabelen i utgangspunktet, så vi har ikke detrendet den.

## 6 Resultater og anbefaling

Resultatene med et sammenholdt materiale er sammenfattet i tabell 1 og 2. Et av resultatene når vi splitter i år med høy og lav oljepris, og antar at andelen år med høy oljepris vil bli høyere i framtida, er rapportert i tabell 3 og kommentert til slutt.

Tabell 1. Betaverdi for persontransport iht. formel (32), og derav følgende kalkulasjonsrente. Nasjonale tall for transportarbeidet.

	Beta	Rente
All persontransport	0.63	4.51
Privatbil	0.58	4.34
Jernbane	0.72	4.87
Luffart	0.74	4.95
Buss	0.69	4.75
Trikk og T-bane	0.70	4.79
Sjøfart unntatt ferjer	0.23	2.91

TØI-rapport 796/2005

Disse resultatene avviker noe fra det som tidligere har vært rapportert på dette området. Jernbane, buss og trikk ligger høyere enn ventet, luftfart og særlig sjøfart ligger lavere enn forventet. Sjøfart er her hurtigruta, hurtigbåter og lokale ferjer. Samlet sett faller det vanskelig å karakterisere persontransporten som konjunkturfølsom i betydelig grad, men for de fleste transportformene er det heller ikke helt riktig å si at den systematiske risikoen er moderat.

Vi har erfart under arbeidet at beta er ganske følsom for endringer i data. Anslagene er derfor relativt følsomme for valg av periode for tidsseriene og for feil i data. Det taler for å bruke en relativt grov inndeling i den endelige anbefalingen.

Tabell 2. Betaverdi for godstransport iht. formel (32), og derav følgende kalkulasjonsrente. Nasjonale tall for transportarbeidet.

	Beta	Rente
All innenlands godstransport.		
Fastlandsnorge	0.80	5.19
Veg	0.65	4.61
Jernbane	1.42	7.68
Sjøfart unntatt ferjer	0.75	5.01
Riksvegferje	0.97	5.88

TØI-rapport 796/2005

Vi ser at godstransport i gjennomsnitt samvarierer noe sterkere med nasjonalinntekten enn persontransport. Overraskende nok er godstransporten på jernbane konjunkturfølsom i en helt annen grad enn persontrafikken. Det står i sterk kontrast til hva vi ventet oss.

Tabell 3. Betaverdier forutsatt at andelen år med høy oljepris i framtida blir 0.5, mot 0.35 i datamaterialet.

	Beta	Rente
Persontrafikk totalt	0.39	3.56
Godstrafikk totalt	0.34	3.36

TØI-rapport 796/2005

Vi ser at kalkulasjonsrenta reduseres drastisk når en antar større sannsynlighet for høy oljepris i framtida. Dette er et talende eksempel på hvor følsomme anslagene er for variasjoner i data. I dette tilfellet er kovariansen mellom børsindeksen og konsumet faktisk negativ i de 7 årene som vi har definert som år med høy oljepris (1985, 1990, 2000-2004). Vi antar dette kan bero på tilfeldigheter, og velger å ikke bruke resultatet. Det som i stedet bør gjøres, er å gjenta beregningene når flere nye år med høy oljepris kan inkluderes i datamaterialet.

Endelig kan det nevnes at vi har prøvd å lagge børsavkastningen med ett år. Dette gir ikke høyere kovarianser. Hovedproblemet er den tilsynelatende svake sammenhengen mellom børsavkastning og forbruk i husholdningene. Vi tror ikke dette endres vesentlig om man bruker netto nasjonalinntekt i stedet for forbruk i husholdningene. Forsøk med litt andre data har vist at disse to variablene gir omtrent samme resultater.

## 6.1 Anbefaling

I følge Rideng (2004) tabell 11 utgjør godstransport på veg gjennomsnittlig ca. 12 pst. av all transport, målt i kjøretøykilometer. Det øvrige utgjøres hovedsakelig av personbiltransport, mens bussene bare bidrar med 1 pst. Et samlet anslag på riktig diskonteringsrente for vegprosjekter kan dermed være 4,5 pst pr. år. Jernbane, buss og trikk skulle i henhold til tabellene ha en rente rundt 4,75 om man bare ser på persontransport, men minst 5 pst. for jernbanen om man også tar hensyn til gods. Tatt i betraktning usikkerheten i beregningene vil vi ikke foreta noen slik differensiering, og anbefaler 4,5 pst. for alle former for landtransport, men 5 pst. for luftfart. Vi har da ikke tatt hensyn til irreversibilitet på grunn av lite utviklede markeder for annenhånds jernbanemateriell.

Når det gjelder sjøfart, er bildet svært uklart. Under tvil vil vi anbefale 5 pst., forutsatt at det er godstrafikken som hovedsakelig drar nytte av prosjektet. Ellers må en også være klar over at havneutbedringsprosjekter ofte vil ha en nytteside som berører helt andre aktører enn nærsjøfarten. I noen tilfeller kan det være en eksportbedrift som høster mesteparten av nytta, med en usikkerhet på markedssida som samvarierer lite med nasjonalproduktet for øvrig. I andre tilfeller er det mer naturlig å se på hurtigbåter og ferjer som del av den lokale kollektivtrafikken, slik at 4,5 pst kan anvendes. Vi mener at det både må være rom for en del skjønn når det gjelder prosjekter i Kystverkets område, og at en kanskje bør finne bedre data for anslagene.

Samlet sett, og basert på tabell 1 og 2, blir vår anbefaling for analyser som bare berører ett transportslag:

- Luftfart og sjøfart unntatt hurtigbåter og ferjer: 5 % årlig diskonteringsrente
- Jernbane, privatbil, buss og lokal kollektivtrafikk: 4,5 % årlig diskonteringsrente

Transportmiddelovergripende prosjekter skal i prinsipp ha en miks av rentene for de berørte transportslagene. Etter anbefalingen ovenfor vil 4,5 pst. passe også for slike prosjekter, med mindre man velger å neddiskontere nyttestrømmene hver for seg.

For renter i anleggstida anbefaler vi egne satser, bygd på tilsvarende markedsrenter i private byggeprosjekter.

Vi har tidligere pekt på at en bør justere kalkulasjonsrenta litt ned for å ta hensyn til at vi ikke bruker forventningsverdier for enhetsprisene i norske nyttekostnadsanalyser. Et forhold som trekker i motsatt retning, er at samferdselsinvesteringene innebærer store ugjenkallelige kostnader. Alt i alt mener vi at inntil forventningsverdier for tidsverdi, ulykkesverdi og miljøkostnader er innarbeidet i alle våre analyser, kan anbefalingene justeres ned med 0,5 pst.



## 7 Avsluttende drøfting

Etter en drøfting av Finansdepartementets veileder og rundskriv R-109/2005 har vi kommet fram til at Samferdselsdepartementet har et handlingsrom når det gjelder kalkulasjonsrenta. Departementet må ta den risikofrie renta og risikotillegget for prosjekter med samme risiko som et gjennomsnittlig norsk foretak, for gitt. Disse er på henholdsvis 2 og 4 prosent. Men dersom man anvender en metode som samsvarer med grunnprinsippene i veilederen, står man fritt til å fastlegge beta for grupper av prosjekter i samme risikoklasse, slik departementet også tidligere har gjort. Denne metoden behøver ikke være identisk med kapitalverdimodellen, og vi har argumentert for at det vil være svært vanskelig å finne verdipapirer med samme risiko som samferdselsprosjekter før man eventuelt har nærmere kunnskap om hva risikoen for samferdselsprosjekter skal være.

Den metoden vi har lagt til grunn, har flere fordeler framfor de metodene som tidligere har vært brukt. For det første tar vi eksplisitt hensyn til at samferdselsinvesteringer frambringer nyttebringende objekter som ikke kan omsettes på noe marked. Vi bygger derfor på teorien i Lund (1993b). For det andre utvider vi perspektivet når det gjelder kildene til usikkerhet. Tidligere har man sett trafikkvolumet som den usikre variabelen, og har undersøkt hvordan det samvarierer med nasjonalinntekten. Vi mener at også enhetsprisene (i første rekke tidsverdien) er usikre, og at de samvarierer med nasjonalinntekten. Produktet av enhetspris og effekt samvarierer da også med nasjonalinntekten, men på en annen måte enn det som hittil har vært undersøkt.

Det gjøres en mengde analyser av tiltak som bare antas å berøre ett transportslag. For slike analyser trenger vi egne betaverdier for hvert transportslag. Det gjøres også i stigende grad transportmiddelovergripende analyser, spesielt når det gjelder bytransport. Et grunnprinsipp i slike analyser må være at kalkulasjonsrentene og andre viktige forhold må være de samme uansett hvem som er tiltakshaver og gjennomfører analysen. Det kan sikres gjennom opplegget som er utviklet her.

Det synes å være en svakhet ved opplegget, nemlig at kovariansen mellom børsavkastningen og konsum i husholdningene er så lav at vi i noen tilfeller får negative betaer, og mer generelt at betaverdiene er svært følsomme for endring i data. Det kan finnes andre svakheter i vår modell, våre data og våre valg under estimeringen. Det kan til og med finnes ulike tolkninger av om Samferdselsdepartementet har anledning til å anvende den metoden vi har gått inn for. Vi er derfor interessert i at det blir en kvalitetssikring ved at eksperter og berørte instanser får uttale seg om dette.

Vårt opplegg tillater mange former for utbygging og videreføring. Andre former for differensiering enn de som vi har anbefalt og testet, kan tenkes å være interessante. Andre og bedre data kan framskaffes. Tester, blant annet av kovariansen mellom demografisk utvikling i ulike områder og realdisponibel inntekt pr. capita i områdene, kan gjennomføres. Metoden kan videreutvikles til et standardopplegg

for fastsetting av kalkulasjonsrente i store prosjekter, og en kan se nærmere på kalkulasjonsrenta for anleggskostnadene.

Ut fra et reint teoretisk synspunkt kan vi til slutt merke oss at forholdet mellom teorien bak de fleste og mest brukte transportmodellene og teorien bak risikotillegget i kalkulasjonsrenta, er problematisk, ettersom transportmodellene egentlig impliserer at aktørene er risikonøytrale (inntekt inngår ikke som variabel i transporttetter spørselesfunksjonene, hvilket betyr at de er produsert av en additivt separabel indirekte nyttefunksjon).

# Litteraturliste

- Greaker, M., Løkkevik, P. og Aasgaard Walle, M. (2005) *Utviklingen i den norske nasjonalformuen fra 1985 til 2004*. Rapport 2005/13, Statistisk sentralbyrå.
- Lund, D. (1987) *Investing in non-marketable assets*. Memorandum no 2, February 19<sup>th</sup> 1987, from Department of Economics, University of Oslo.
- Lund, D. (1993a) Samfunnsøkonomisk vurdering av usikkerhet. *Norsk Økonomisk Tidsskrift* **107**, 155-178.
- Lund, D. (1993b) Usikre investeringer under begrenset diversifisering. *Beta* 2/1993.
- Halleraker, M. (1995) *Behandling av risiko i nytte-kostnadsanalyser – en prinsipputredning*. SNF-rapport 41/95.
- Maddala, G.S. (1992) *Introduction to Econometrics. Second edition*. MacMillan Publishing Company, New York.
- Minken, H. (2005) *Transport cost benefit rules*. Submitted to Journal of Transport Economics and Policy.
- Nitter-Hauge, J. og E. Frøyland (2005) Revidert kalkulasjonsrente for statlige tiltak. *Økonomisk Forum* **59**(7), 11-17.
- Ramjerdi, F., Rand, L., Sætermo, I.-A. og Sælensminde, K. (1997) *The Norwegian Value of Time Study. Part I*. TØI report 379/1997. Oslo: Institute of Transport Economics.
- Rideng, A. (2004) *Transportytelser i Norge 1946-2003*. TØI-rapport 721/2004. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Rideng, A. (2005) *Transportytelser i Norge 1946-2004*. TØI-rapport under utgivelse. Oslo: Transportøkonomisk institutt

*Nyttekostnads i samferdselssektoren:  
Risikotillegget i kalkulasjonsrenta*

# Vedlegg

*Nyttekostnads i samferdselssektoren:  
Risikotillegget i kalkulasjonsrenta*

# Vedlegg

## Data

### Felles data for all persontransport

	Børsindeks Oslo børs, faste priser	Konsum- prisindeks	Innbyggere > 13 år	Konsum i hus- holdningene, mill kroner, 2000 priser	Prosentvis endring i nominell lønn pr. timeverk	Prosentvis endring i nominell lønnskostnad pr timeverk
1985	42,11	0,546	3439630	441440	8,1	8,0
1986	38,37	0,585	3465352	463366	9,1	9,2
1987	33,84	0,636	3490040	459587	11,3	11,7
1988	46,60	0,679	3517045	450257	5,9	6,6
1989	71,97	0,710	3536962	447456	4,6	4,4
1990	62,29	0,739	3543502	450639	5,1	4,8
1991	56,42	0,764	3550237	460855	5,0	5,3
1992	50,77	0,782	3564345	470781	2,9	3,2
1993	83,64	0,800	3579864	482117	3,5	1,7
1994	89,61	0,811	3594589	498104	3,1	3,3
1995	100,00	0,831	3608815	516417	4,6	4,7
1996	132,43	0,841	3621258	549964	4,7	4,9
1997	175,07	0,863	3633416	567769	5,1	5,2
1998	127,83	0,883	3648394	582832	6,5	7,1
1999	189,76	0,903	3667948	601820	5,2	5,5
2000	195,79	0,931	3691512	625501	5,7	6,1
2001	167,18	0,959	3711608	636644	6,4	7,3
2002	115,21	0,972	3733098	655884	6,3	5,6
2003	170,97	0,996	3762760	675377	4,4	4,7
2004	236,70	1,000	3791709	705224	1,7	2,0

TØI-rapport 796/2005

### Transportarbeid, persontransport (a). Millioner personkilometer

	Privatbil	Jernbane	Luft	buss	T-bane, trikk	Sjøfart, annen
1985	36884	2112	2147	3948	455	320
1986	39483	2125	2301	3878	463	308
1987	41237	2086	2505	3743	477	305
1988	42038	2025	2548	3901	434	302
1989	42594	2038	2469	3956	421	305
1990	42696	2011	2665	3890	419	372
1991	42252	2067	2699	3935	420	389
1992	42390	2162	2946	3945	349	376
1993	43128	2218	3204	3927	370	401
1994	43605	2328	3397	3956	375	455
1995	43659	2300	3567	3752	381	426
1996	45217	2384	3918	4117	419	456
1997	44878	2514	4029	4248	427	499
1998	45780	2602	4242	4212	469	549
1999	46121	2909	4362	4177	507	559
2000	46832	2857	4415	4141	496	547
2001	47925	2764	4257	4105	508	556
2002	49383	2491	4030	4125	498	578
2003	50464	2420	3799	4005	476	575
2004	50962	2628	4043	4231	436	558

TØI-rapport 796/2005



**Transportarbeid, godstransport (a). Millioner tonnkilometer**

	<b>Veg</b>	<b>Jernbane</b>	<b>Sjø unnt ferje</b>	<b>Riksvegferje</b>
<b>1985</b>	6418	1771	8262	244
<b>1986</b>	7192	1833	7671	254
<b>1987</b>	7652	1747	8126	260
<b>1988</b>	8122	1628	8295	261
<b>1989</b>	8191	1763	8230	268
<b>1990</b>	8231	1632	8724	273
<b>1991</b>	8286	1718	8030	266
<b>1992</b>	8348	1746	8534	251
<b>1993</b>	8266	1774	8403	240
<b>1994</b>	8714	1599	8184	227.6
<b>1995</b>	9654	1647	7516	222.7
<b>1996</b>	10651	1835	9061	245.4
<b>1997</b>	11838	1949	9890	285.1
<b>1998</b>	12636	1934	10861	313.6
<b>1999</b>	12796	1817	13023	338.3
<b>2000</b>	13017	1775	13321	353.2
<b>2001</b>	13287	1933	14210	331.5
<b>2002</b>	13614	1686	13996	352
<b>2003</b>	14115	1557	13229	353.4
<b>2004</b>	14966	2017	-	-

TØI-rapport 796/2005

**Sist utgitte TØI publikasjoner under program:  
Samfunnsøkonomiske analyser**

---

Bompengeringen i Tønsberg. Inntekter i forhold til finansieringsplanen.	775/2005
Kvalitetssikring av prosjektet " Bybanen i Bergen"	755/2004
Regionale virkninger av OL i Tromsø	726/2004
Lokale næringsøkonomiske virkninger av vegutbygging	717/2004
Nyttekostnadsanalyse for utbedring av Værøy havn	711/2004
Lønnsom persontransport på jernbanen? En vurdering av bedriftsøkonomisk og samfunnsøkonomisk lønnsomhet på norske jernbanestrekninger	710/2004
Evaluering av samordnet arealbruks- og transportplanlegging med bærekraft som mål	686/2003
Informasjon og reisetidsvariabilitet - en litteraturstudie	679/2003
Transportinfrastrukturens betydning for regionaløkonomisk utvikling	671/2003
NDP-1: Verktøy til valg av prosjektpakker når prosjektene er avhengige av hverandre	665/2003
IKT i transportsektoren : Myndighetenes rolle	657/2003
Trafikksentral for Nord-Norge	623/2003
Trafikanter verdsetting av informasjon med utgangspunkt i arbeidsreiser	620/2002
Developing Sustainable Land Use and Transport Strategies: A Methodological Guidebook	619/2003
Vurdering av mulighetene for lønnsom drift på Haukelibanen.	611/2002



## **Transportøkonomisk institutt**

### **Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning**

- utfører forskning til nytte for samfunn og næringsliv
- har rundt 70 forskere med høy, flerfaglig samferdselskompetanse
- samarbeider med en rekke samfunnsinstitusjoner, forsknings- og undervisningssteder i Norge og i utlandet
- gjennomfører forsknings- og utredningsoppdrag av høy kvalitet innen områder som trafiksikkerhet, kollektivtransport, miljø, reisevaner, reiseliv, planlegging, beslutningsprosesser, transportøkonomi og næringslivets transporter
- driver aktiv forskningsformidling gjennom TØI-rapporter, internett, tidsskriftet Samferdsel og andre nasjonale og internasjonale tidsskrifter

## **Transportøkonomisk institutt**

Stiftelsen Norsk senter  
for samferdselsforskning  
P.b. 6110 Etterstad  
0602 Oslo

Telefon 22 57 38 00

[www.toi.no](http://www.toi.no)