

## **Arbeidsnotat nr. 15/10**

**Prinsipiell vurdering av nytte-kostnads-  
virkninger i form av ”mernytte” som ikke  
fanges opp i dagens metoder og praksis for  
nytte-kostnadsanalyser i samferdselssektoren**

**av**

**Kåre P. Hagen (red.)**

SNF-prosjekt nr. 2436

Prinsipiell vurdering av mernytte av store infrastrukturtiltak

Prosjektet er finansiert av Kystverket – Senter for transportplanlegging, plan og utredning

SAMFUNNS- OG NÆRINGSLIVSFORSKNING AS  
BERGEN, APRIL 2010

ISSN 1503-2140

© Dette eksemplar er fremstilt etter avtale  
med KOPINOR, Stenergate 1, 0050 Oslo.  
Ytterligere eksemplarfremstilling uten avtale  
og i strid med åndsverkloven er straffbart  
og kan medføre erstatningsansvar.



## **Sammendrag**

Denne utredningen som har kommet i stand ved et samarbeid mellom NHH/SNF og Møreforskning, har hatt som oppgave å vurdere dagens metoder og praksis for nytte-kostnadsanalyse med henblikk på om, og i hvilken grad, alle virkninger av betydning for samfunnsøkonomisk lønnsomhet av store infrastrukturprosjekter innenfor samferdsel blir fanget opp. Videre er det et spørsmål om verdsettingen av de virkningene som blir inkludert i analysen, skjer på en konsekvent og faglig forsvarlig måte. De forhold som gruppen spesielt har sett nærmere på, er næringsøkonomiske gevinster og andre former for ”mernytte” som ikke fanges opp i transportmarkedet, realprisjusteringer av fremtidige tidsgevinster og kostnader, samt avkastningskrav for langsiktige infrastrukturinvesteringer.



## Innholdfortegnelse

1. Kåre P. Hagen:	
Oversikt over problemstillinger og forslag til endringer i dagens praksis for lønnsomhetsvurdering av store og langsiktige infrastrukturprosjekter .....	1
2. Arild Hervik:	
Prinsipiell vurdering av mernytte som gir næringsøkonomiske gevinster av store infrastrukturtiltak.....	16
3. Odd Larsen:	
Næringslivstransporter .....	30
4. Odd Larsen:	
Persontransportmodeller – Hva fanger de opp av tilpasninger? .....	33
5. Karl Pedersen:	
Endringer i relative priser (realprisendringer), m.m. ....	41
6. Kåre P. Hagen:	
Lønnsomhetskriterier for investeringer under usikkerhet med spesiell vekt på langsiktige prosjekter.....	52
7. Christian Andersen:	
Dobbeltspor Oslo S. – Ski:	
Alternative samfunnsøkonomiske beregninger .....	68



# **1. Oversikt over problemstillinger og forslag til endringer i dagens praksis for lønnsomhetsvurdering av store og langsiktige infrastrukturprosjekter**

Denne utredningen som har kommet i stand ved et samarbeid mellom NHH/SNF og Møreforskning, har hatt som oppgave å vurdere dagens praksis for nytte-kostnadsanalyse med henblikk på om, og i hvilken grad, den fanger opp alle økonomiske virkninger av betydning for samfunnsøkonomisk lønnsomhet av store infrastrukturprosjekter innenfor samferdsel. Videre er det et spørsmål om verdsettingen av de virkningene som blir inkludert i analysen, skjer på en konsekvent og faglig forsvarlig måte.

Gruppens arbeid er basert på et utredningsoppdrag fra metodegruppen knyttet til transportetatene ved Statens Vegvesen, Jernbaneverket, Kystverket og Avinor AS om en prinsipiell betenkning av hvilke nytte- og kostnadsvirkninger som ikke fanges opp av de nyttekostnadsanalyser som i dag gjennomføres og eventuelle problemer ved verdsetting. Utredningsgruppen er spesielt bedt om:

- (i) Å fokusere på ”mernytte” knyttet til store infrastrukturtiltak som ikke i ønskelig grad ivaretas i dagens nytte-kostnadsanalyser i transportsektoren, og under hvilke forhold slik mernytte vil kunne oppstå.
- (ii) Fordelingsmessige konsekvenser som det kan være viktig å ta hensyn til eller fremheve, når det gjelder nytte-kostnadsanalyser
- (iii) Hvilke eventuelle tilnærminger som kan benyttes for å verdsette virkninger under (i) slik at disse kan inngå i nytte-kostnadsanalyser av infrastruktur i sektoren.

Gruppen har i hovedsak konsentrert seg om (i) og (iii), men har også pekt på måter for å ta hensyn til fordelingsvirkninger mellom ulike brukergrupper både på et gitt tidspunkt og over tid.

Arbeidsgruppens utredning har i utgangspunktet konsentrert seg om tre problemstillinger:

- ”Mernytte” eller merverdier knyttet til næringsøkonomiske virkninger av store infrastrukturtiltak innenfor personbefordring og næringstransporter.
- Inkorporering av forventede fremtidige realprisendringer i nytte-kostnadsanalyser. Det gjelder tidsgevinster som en mener bør justeres for forventet

fremtidig reallønnsvekst, og fremtidige driftsutgifter og reinvesteringer som bør justeres for forventet realkostnadsvekst. Spesielt vil oppjustering av fremtidige tidsgevinster med forventet reallønnsutvikling kunne ha stor betydning for lønnsomheten av langsiktige transportprosjekter.

- Behovet for å se nærmere på dagens praksis når det gjelder valg av diskonteringsrente og anslag for restverdier for spesielt langsiktige prosjekter. Disse to spørsmålene henger sammen da restverdien på et gitt tidspunkt av en investering som ikke har noen markedsbestemt andrehåndsverdi, er netto nåverdi av de fremtidige ytelsene i løpet av dens forventede økonomiske restlevetid. Mange infrastrukturtiltak har lang levetid, og det kan derfor herske stor usikkerhet om tiltakets netto bidrag til samfunnsnytte på lang sikt. Hvordan slik usikkerhet bør reflekteres i samfunnsøkonomiske avkastningskrav og nåverdier, blir derfor et viktig spørsmål.

Nedenfor gis en kortfattet oversikt over problemstillinger og anbefalinger knyttet til disse tre hovedpunktene

(i) *Merverdier knyttet til næringsøkonomiske virkninger av store infrastrukturtiltak innenfor personbefordring og næringstransporter*

Virknninger knyttet til et ”wider impact” i form av såkalte ringvirkninger har økonomer tradisjonelt vært skeptiske til å inkludere i lønnsomhetsanalysene. Dette skyldes en formodning om at samfunnsøkonomiske gevinster fra ringvirkninger i en situasjon der alle ressurser er beskjeftiget, i høyden vil være i form av overflyttingsgevinster i forhold til nullalternativet, og i en økonomi i likevekt vil slike gevinster normalt være begrenset.

Det kan likevel være situasjoner der potensielle samfunnsøkonomiske gevinster ikke blir fullt ut realisert ved en ressursallokering basert på desentralisert markedsatferd. Det er tilfellet når økonomiske disposisjoner truffet av den enkelte aktør på tilbuds- eller etterspørselssiden i markedet, gir et større bidrag til samfunnsøkonomisk verdiskaping enn det overskuddet eller nytten som tilfaller beslutningstakeren. I slike tilfelle legger markeds-aktørene ut fra et samfunnsøkonomisk synspunkt et for snevert lønnsomhetsbegrep til grunn for sine økonomiske disposisjoner. Slike virkninger blir gjerne kalt for eksterne ved at de ikke blir internaliserte på beslutningstakernes hender i form av konsumentnytte og/eller bedriftsoverskudd.

I noen tilfelle kan det være fysiske kommunikasjonsforhold som gjør at positive eksterne virkninger ikke blir realisert i markedet. I de tilfelle investeringer i transporttiltak



bidrar til at slike gevinster som skyldes positive eksterne virkninger, i større grad blir høstet i markedet via en mer effektiv person- og næringstransport, vil dette være samfunnsøkonomiske gevinster som ikke blir reflektert ved enkeltaktørens betalingsvillighet i transportmarkedet. Dette vil klart falle inn under posten "wider impact" ved at det er samfunnsnytte knyttet til transporttiltak som kommer andre aktører til gode, og som derfor ikke blir reflektert i enkeltaktørens etterspørsel etter og betalingsvillighet for transport. Geografisk betingede eksterne virkninger som kan utløses ved mer effektiv kommunikasjon, gjelder særlig gevinster som kan tilskrives produktivetsgevinster ved sentralisering og agglomerasjon og ved samlokalisering av komplementær næringsvirksomhet.

#### Agglomerasjonsgevinster.

Agglomerasjonsgevinster oppstår ved at produktiviteten ofte er høyere i sentrale strøk enn i periferien. Gevinstene må i dette tilfelle skyldes positive eksterne virkninger ved sentralisering som ikke internaliseres fullt ut ved enkeltaktørens lokaliseringsbeslutninger. Økt sentralisering via tilflytting kan for eksempel gjøre det lønnsomt å bygge ut en mer effektiv offentlig infrastruktur som også vil gagne dem som allerede bor på stedet. Slike eksterne gevinster blir ikke internalisert i den enkeltes flytte flyttevurdering.

Lavere transportkostnader kan lede til sterkere sentralisering av produksjon og dermed til gevinster via agglomerasjonsfordeler. Investering i transportinfrastruktur kan også gjennom en mer effektiv leverandørsektor bidra til å utløse skalagevinster og dermed produktivitetseffekter. Det kan skje ved økt etablering av oppstrømsbedrifter som fører til sterkere konkurranse og reduserte priser og økt kvalitet, og som i sin tur vil bidra til økt aktivitet i nedstrømsmarkedet. Transportinvesteringer kan også bidra til et større sammenhengende arbeidsmarked med mer variert kompetanse. Dette vil kunne gjøre det lettere og billigere for bedrifter å knytte til seg arbeidskraft med relevant kompetanse, og for arbeidssøkere å finne den optimale match mellom egen kompetanse og bedriftens behov.

Et grunnleggende spørsmål er om gevinster knyttet til sentralisering og agglomerasjon i noen grad vil inkorporeres i lokale faktoravlønninger og spesielt i økt arbeidslønn. I så fall vil dette delvis bli fanget opp i transportmarkedet i form av økt lønnsomhet av trafikkeffektivisering i den grad økt lønn fører til økte generaliserte kjørekostnader. Om agglomerasjonsgevinster og økte lønninger ses uavhengig av hverandre, vil en da i noen grad kunne få dobbelttelling av gevinsten ved økt sentralisering. Økt sentralisering kan imidlertid

også føre til negative eksterne virkninger form av økt press på offentlige tjenester og økte offentlige utgifter som ikke vil internaliseres i enkeltaktørers lønnsomhets-vurderinger.

### Klyngegevinster.

Gevinster ved sentralitet og agglomerasjon bygger på at produktiviteten er større i et stort miljø enn i et lite. Når denne skalafordelen begrenser seg til én bransje, får vi bransje- eller næringsmessige klynger i motsetning til agglomerasjon der virkningene går på tvers av næringer. Skalafordelen er ekstern ved at den ikke blir internalisert i den enkelte bedrift. Slik sett er dette en positiv ekstern virkning med et gevinstpotensial som ikke blir realisert ved enkeltbedrifters beslutninger. Gevinstene kan skyldes reelle eksternaliteter ved samlokalisering. Det innebærer at bedrifter kan bli mer produktive om de blir samlokalisert med komplementær virksomhet. Lærebokeeksemplet på dette er epledyrking og birøkt. Alternativt kan det være såkalte pekuniære eksterne virkninger som går gjennom markedskoblinger. Dette er positive virkninger som en bedrift tilfører andre bedrifter, ved at dens nærvær bidrar til et større marked for sluttprodukter, innsatsfaktorer eller nøkkelressurser som arbeid og kapital. Pekuniære virkninger må være noe mer enn ordinære ringvirkninger ved at de må gi en merverdi utover virkningene på overskuddet i den enkelte bedrift som treffer beslutningen. I noen tilfelle må klyngen være over en viss kritisk masse for at opphopningskreftene som driver klyngedannelsen skal være selvforsterkende.

Avslutningsvis kan en si at under forutsetning om at enkeltaktørene tilpasser seg priser som reflekterer samfunnsøkonomiske marginalkostnader som inkluderer eksterne virkninger, vil brukernytte gi et tilnærmet riktig uttrykk for nyttevirkningene av et prosjekt. Den største utfordringen blir da å beregne riktige etterspørselseffekter i transportmarkedet på kort og lang sikt, og å anslå korrekt endring i generaliserte transportkostnader. Når pris er lik samfunnsøkonomisk grensekostnad ellers i økonomien, vil resultatet av alle sekundære og tertiære tilpasninger nulles ut da inntektsendringer motsvares av kostnadsendringer. Det er denne forutsetningen som i det hele tatt tillater oss å foreta partielle samfunnsøkonomiske lønnsomhetsanalyser.

De største problemene gjelder trolig næringstransporter. Det følger av diskusjonen foran at transportprosjekter som gjennom reduserte reisetider eller effektivisering av næringstransporter enten bidrar til at næringsklynger kommer over kritisk masse, eller bidrar til å forsterke eksisterende klynger, gir en samfunnsøkonomisk merverdi utover den økning i bruker- og produsentoverskudd som genereres i transportmarkedet. Det er imidlertid et problem at det kan være vanskelig å estimere slike merverdier, og at de normalt vil være

prosjektspesifikke. Mange av de sekundære og tertiære tilpasninger som kan følge av et transportprosjekt, vil innebære geografiske omfordelinger av bosetting, sysselsetting og realkapital i forhold til null-alternativet. Det kan da være slik at to situasjoner med relativt store forskjeller i geografisk fordeling kan være relativt like mht samfunnsøkonomisk resultat, om en ser bort fra mulige fordelingsvirkninger. Overveielser basert på økonomisk teori gir neppe klare holdepunkter for utforming av konkrete regler for hvordan slike effekter kan kvantifiseres og inkorporeres i nyttekostnads analyser. Disse vil derfor kunne være supplerende kvalitative momenter når det gjelder valg mellom prosjekter som har noen lunde lik målbar netto nytte.

*(ii) Ringvirkninger i markeder med effektivitetstap som følge av beskatning*

Her tenkes det særlig på lokale arbeidsmarkeder. Skatter og avgifter knyttet til arbeidslønn fører til at kostnaden for bedriften ved å ansette en ekstra arbeider er høyere enn den netto lønn som arbeidstakeren sitter igjen med etter skatt. Alternativkostnaden på tilbudssiden ved økt arbeidstilbud er verdien av tapt fritid. I et fritt arbeidsmarked uten reguleringer tilsier økonomisk teori at arbeidstakersiden tilbyr arbeid inntil netto lønn er lik marginalkostnaden i form av nyttetap ved redusert fritid. Den pengemessige verdien av dette nyttetapet vil da være lønn etter skatt. Bedriften på sin side etterspør arbeidskraft inntil brutto lønn inklusive arbeidsgiveravgift er lik verdien av arbeiderens grenseprodukt. I likevekt i arbeidsmarkedet vil det dermed være et gap mellom marginalverdien av økt innsats av arbeidskraft for bedriften og marginalkostnaden ved å tilby mer arbeid sett fra arbeidstakernes ståsted. Beskatningen fører dermed til et effektivitetstap i form av et urealisert verdiskapingspotensial på grunn av at bedriften og arbeidstakerne står overfor ulike lønnsatser etter skatt. Merverdiavgiften fører til at dette effektivitetstapet blir større ved at konsumentenes marginale betalingsvillighet er 25% høyere enn verdien av grenseproduktet for bedriften.

Som et eksempel kan vi anta at bedriften betaler en brutto lønn  $W$  for et ekstra dagsverk. Vi antar at bedriften betaler høyeste sats for arbeidsgiveravgift på 14,1%, slik at et ekstra dagsverk koster bedriften  $1,141W$ , som i likevekt også vil være verdien for bedriften av et ekstra dagsverk (verdien av grenseproduktet). Sett fra samfunnets side vil verdien av dette ekstra dagsverket være verdt  $1,141W * 1,25 = 1,426W$ , som da i likevekt er lik konsumentenes betalingsvillighet for denne ekstra produksjonen. Det offentlige mottar skatteinntekt i form av arbeidsgiveravgift, merverdiavgift og skatt på lønn av dette

dagsverket. Siden skatte-inngangen avlaster annen beskatning som påfører økonomien effektivitetstap, er merverdien av en ekstra skattekrone blitt stipulert til kr. 0,20. Om vi antar at arbeideren har høyeste marginalsatt lik 47,8%, blir samlet skatteinngang  $W(0,141 + 1,141 * 0,25 + 0,478) = 0,90425W$ , og den fiskale gevinsten blir dermed  $0,90425W * 0,2 = 0,18085W$ . Når vi inkluderer den fiskale gevinsten, blir den samfunnsøkonomiske verdien av et ekstra dagsverk lik  $(1,426 + 0,18085)W = 1,60685W$ . Arbeidstakeren sitter på sin side igjen med 0,522W etter skatt. I likevekt vil dette være kostnaden i kroner pga redusert fritid ved å tilby et ekstra dagsverk. Nettoverdien ved en økning i sysselsettingen med en arbeidsdag vil da være  $1,60685W - 0,522W = 1,08485W$ . Dette gevinstpotensialet blir ikke realisert i markedet på grunn av at beskatningen skaper en kile mellom verdien av økt sysselsetting sett fra samfunnets ståsted og den kompensasjon som arbeiderne krever for å øke arbeidstilbudet med et dagsverk. Dette er det marginale effektivitetstapet som følge av lønnsrelatert beskatning.

Ovenstående betraktning gjelder for økt tilbud av arbeidskraft som i utgangspunktet er beskjeftiget eller frivillig arbeidsledig. Denne økningen kan skje ved at frivillig ledige tar seg deltidsjobb, at de som er i deltidsjobb øker stillingsbrøken, eventuelt går over på heltid, eller at de som er i heltidsjobb, tilbyr overtidsarbeid. Dersom transporttiltaket fører til at ufrivillig ledige kommer i lønnet arbeid, vil en få en ytterligere gevinst ved at det offentlige sparer utbetalinger til arbeidsledighetstrygd, og gevinsten for samfunnet ved dette utgjør 20% av trygdeutbetalingene.

Transportprosjekter som fører til økt arbeidstilbud pga av bedre kommunikasjonsmuligheter vil, som vist i eksemplet ovenfor, kunne gi en betydelig merverdi i arbeidsmarkedet ved at verdien for samfunnet av økt beskjeftigelse er betydelig høyere enn kostnadene på tilbudssiden. Dette er en samfunnsøkonomisk merverdi som må tilskrives transportprosjektet, og som ikke blir internalisert i transportmarkedet.

Den samfunnsøkonomiske merverdien som ble vist i ovenstående eksempel, er den marginale gevinsten ved økt beskjeftigelse. Dersom etterspørselskurven er fallende, vil den gjennomsnittlige gevinsten pr dagsverk ved en økning i arbeidstilbudet kunne være noe mindre.

Merverdien ved et positivt skift i arbeidstilbudet som følge av mer effektiv kommunikasjon, kan i prinsippet knyttes til observerbare skatte- og markedsdata. Den vil avhenge av forhold i det lokale arbeidsmarkedet, men beregningsmåten for merverdi vil ikke

være prosjektspesifikk pr se. Det vil derfor være mulig å lage nasjonale regler for hvordan slike merverdier kan beregnes og inkorporeres i nyttekostnadsanalyser av transporttiltak.

*(iii) Endringer i relative priser (realprisendringer)*

Når en måler fremtidige gevinster og kostnader i faste priser (i basisårets kroneverdi), og diskonterer med realrenten (nominell rente fratrukket prisstigningen – målt ved veksten i konsumprisindeksen), så antas det implisitt at alle innsatsfaktorer og gevinster har en nominell prisvekst som er lik prisveksten på den varekurven som konsumprisindeksen bygger på. Dette kan være svært misvisende – spesielt i samferdselssektoren, hvor tidsbesparelser vanligvis utgjør en betydelig del av gevinstene.

Med utgangspunkt i økonomisk teori er det rimelig å si at verdien av tid øker i takt med reallønnsveksten i samfunnet. La oss som en illustrasjon se på en trafikant som i basisåret har en nettolønn (etter skatt) på 200 kroner per time. Han antas selv å kunne bestemme fordelingen av tidsbruk på arbeidstid og fritid. Nettolønna er dermed den implisitte prisen på fritid. Reisetid går på bekostning av arbeidstid og/eller fritid.

Et planlagt veiprojekt vil, dersom det gjennomføres, gi ham en tidsbesparelse på 45 minutter per dag, noe han dermed verdsetter til 150 kroner. På årsbasis (220 dager) utgjør dette 33000 kroner, gitt i basisårets lønnsnivå. Med en diskonteringsrate på 5% og i fravær av reallønnsvekst (altså konstant tidsverdi) gir dette, med uendelig tidshorisont, en nåverdi på  $33000/0,05=660000$  kroner. Med en reallønnsvekst på 1% per år, øker dette til  $33000/0,04=825000$ , mens en reallønnsvekst på 2% gir 1100000 kroner. Det vil si at en reallønnsvekst på 1%, med en tilsvarende vekst i tidsverdiene, bidrar til at verdien av tidsbesparelsene for trafikanten øker med 25% sammenliknet med konstante tidsverdier. En reallønnsvekst på 2% gir en økning på 66,7%.

Det er her forutsatt svært lang (uendelig) tidshorisont. Dersom tidshorisonten f. eks. er 50 år, vil verdien av tidsbesparelsen bli noe redusert; ekstragevinsten reduseres fra 25 til 17,5% med 1% reallønnsøkning og fra 66,7 til 47% ved 2% reallønnsvekst.

Samtidig som reallønnsveksten bidrar til å blåse opp tidsverdiene og dermed også gevinstene knyttet til prosjektet, vil den også ha konsekvenser for realkostnadsutviklingen: Reallønnskostnadene vil vokse i den grad reallønnsveksten (sett fra lønns-mottakernes/trafikantenes side) ikke motsvares av en minst like høy produktivitetsvekst.

Men i samferdselsprosjekter, hvor det typiske er store investeringer før prosjektet tas i bruk, fulgt av en lang periode med lave drifts- og vedlikeholdskostnader sammenlignet med gevinsten for brukere, vil reallønnsveksten totalt sett bidra til å øke prosjektets nåverdi.

Det fremstår som et paradoks at man rutinemessig tar hensyn til realprisendringer når man justerer historiske pris- og kostnadsanslag frem mot basisåret, men unnlater å gjøre det for resten av prosjektets levetid. Denne praksisen bør endres, og i samferdselsprosjekter er det realverdien av tid som er viktig i dette perspektivet.

*( iv) Avkastningskrav og restverdier for langsiktige infrastrukturprosjekter*

#### Håndtering av risiko

Avkastningskravet til en investering er en alternativkostnad. Dersom kapitalen som bindes i et prosjekt kan gi en avkastning lik  $r$  ved en alternativ plassering, må prosjektet minst gi en like høy avkastning dersom det skal være lønnsomt. I investeringskalkylen håndteres dette ved å diskontere ned fremtidige prosjektoverskudd (både positive og negative) med en rente lik alternativavkastningen. Den diskonteringsrenten som gir nåverdi lik null, er investeringens internrente (gjennomsnittsavkastning). Positiv nåverdi betyr da at investeringen gir en avkastning som er høyere enn avkastningen ved den alternative kapitalplasseringen.

Offentlige prosjekter vil normalt innebære økonomisk risiko. Når en har aversjon mot å bære risiko, vil dette oppfattes som en ulempe som gjør at en vil kreve et risikotillegg i avkastningskravet, slik at nåverdien av usikre prosjektoverskudd blir nedjustert og dermed også lønnsomheten.<sup>1</sup> Risikotillegget vil avhenge av investeringens faktiske risiko og den kompensasjon i form av meravkastning som en vil kreve for å bære denne risikoen.

Investeringens faktiske risiko kan ikke ses isolert da den vil være gitt ved netto-bidraget til beslutningstakerens samlede risikoeksponering. Dette vil avhenge av samvariasjonen mellom investeringens usikre avkastning og avkastningen til den porteføljen der investeringen inngår. Investeringens bidrag til den samlede risikoeksponeringen kan være både positiv og negativ avhengig av om samvariasjonen er positiv eller negativ.

---

<sup>1</sup> Hvis det kun dreier seg om neddiskontering av usikre kostnader, blir det i prinsippet motsatt slik at nåverdien av kostnaden blir oppjustert ved å redusere diskonteringsrenten.

Når det gjelder regler for prising av input og output i nytte-kostnad analyser, benyttes markedspriser i den grad de er tilgjengelige, og disse blir korrigerede dersom de ikke samsvarer fullt ut med samfunnsøkonomiske nytteverdier og alternativkostnader. Når det gjelder pris på risikobæring, har vi som markedspriser kun prising av risiko i finansmarkedene å støtte oss til. I aksjemarkedet måles en aksjes risiko ved dens bidrag til risikoen knyttet til den samlede børsporteføljen, og som risikomål benyttes statistisk varians. Risikobidraget måles ved aksjens beta-verdi ( $\beta$ ).  $\beta = 1$  betyr at aksjen har samme risikoprofil som børsporteføljen, mens den har lavere (høyere) risiko hvis  $\beta < (>)1$ . En negativ  $\beta$  betyr at aksjen reduserer risikoen til totalporteføljen; aksjen får dermed en sikringsfunksjon for totalporteføljen.

Den kompensasjon som markedet krever for å bære risiko, blir kalt markedets risikopremie. Den er gitt ved forventet meravkastning for børsporteføljen utover den risikofrie renten. For en gitt finansinvestering,  $k$ , får vi da at avkastningskravet er gitt ved

$$r_k = r + \beta_k [E(R) - r]$$

der det siste leddet er risikotillegget og det som står i klammeparentesen, er forventet avkastning på børsporteføljen  $E(R)$  utover den sikre renten  $r$ . Dette blir kalt for risikopremien. Hvis  $\beta = 0$ , er finansinvesteringen en sikker plassering og avkastningskravet er gitt ved den risikofrie renten.  $\beta = 1$  innebærer at avkastningskravet til aksjeinvesteringen er det samme som avkastningskravet til totalporteføljen.

Risikotillegget i samfunnsøkonomiske lønnsomhetskalkyler blir basert på kapitalmarkedsmodellen for prising av risiko. Det antas da at børsporteføljens risikoprofil er representativ for samfunnets totale investeringsportefølje, og at risikopremien for dem som er aktive på børsen, er representativ for dem som bærer risikoen knyttet til offentlige investeringer. Studier basert på data fra det norske aksjemarkedet har antydnet en risikopremie før skatt<sup>2</sup> på ca 6%. En risikofri rente på 2% tilsier da at en investering med samme risikoprofil som børsporteføljen, bør ha et risikojustert avkastningskrav før skatt på 6%. Et risikojustert avkastningskrav på 3,5% tilsvarer en  $\beta = 0,375$ .

#### Avkastningskrav for langsiktige prosjekter.

De finansielle papirer som omsettes på børsen, har en løpetid på maksimalt 30 år, og de fleste er betydelig mer kortsiktige. Mange investeringer i infrastrukturprosjekter har imidlertid en levetid som er betydelig lengre. En tunnel kan ha en tilnærmet uendelig fysisk

---

<sup>2</sup> Det samfunnsøkonomiske avkastningskravet er den risikojusterte alternativavkastningen før skatt.

levetid, og investeringer i jernbanespor kan ha en levetid på opptil 70-80 år, og det samme gjelder investeringer knyttet til havneanlegg. For slike langsiktige investeringer gir prising av risiko for børsnoterte papirer et dårlig holdepunkt for en økonomisk evaluering av risikoen den samfunnsøkonomiske. Diskontering med risikjusterte avkastningskrav vil kunne gi svært lave nåverdier av økonomiske virkninger som ligger langt ute i tid. Diskontert ned med en rente på 4,5%, blir nåverdien av en krone om 50 år 11 øre og 4,6 øre om 70 år. Med en diskonteringsrente på 3,5% blir de tilsvarende nåverdiene henholdsvis 17,9 øre og 9 øre. Det innebærer at nytteeffekter som ligger langt fram i tid vil ha en neglisjerbar innvirkning på lønnsomheten av prosjektet målt ved netto nåverdi. Infrastrukturprosjekter med lang levetid innenfor samferdsel innebærer i de fleste tilfelle en betydelig initial investering og en netto nyttestrøm over langt tid. Det kan da stilles spørsmål ved om diskontering av fremtidige virkninger med en konstant rente – såkalt eksponensiell eller geometrisk diskontering – vil diskriminere mot slike langsiktige prosjekter, som for eksempel investering i infrastruktur knyttet til jernbane.

I litteraturen er det foreslått to tilnærminger til optimale avkastningskrav for langsiktige prosjekter. Den ene er konsumbasert<sup>3</sup> og den andre er rentekostnadsbasert<sup>4</sup>, der renten i dette tilfellet er alternativavkastningen i finansmarkedet for den kapitalen som bindes opp i prosjektet.

#### Konsumbasert diskonteringsrente.

Problemstillingen her er å finne en optimal tidsprofil for konsumstrømmen over tid, det vil si den som maksimerer neddiskontert fremtidig nytte over prosjektets levetid. Spørsmålet mht til avkastningskrav dreier seg om hvor stor konsumtilvekst etter en visst antall år en vil kreve for å være villig til å avstå en krone i dag til investering.

Hvis vi lar  $r_t$  være krav til avkastning på tidspunkt  $t$ <sup>5</sup>, kan det vises at det er gitt ved

$$r_t = \rho + \gamma g_t - 0,5\gamma(1 + \gamma) \frac{\text{Var}(X_t)}{t}$$

<sup>3</sup> Se Gollier: "Discounting an uncertain future", *Journal of Public Economics* (2002).

<sup>4</sup> Se Weitzman, "Why the far-distant future should be discounted at its lowest possible rate" *Journal of Environmental Economics and Management* (1998) og Gollier & Weitzman, "How should the distant future be discounted when discount rates are uncertain" Harvard University, og Toulouse School of Economics, (2009).

<sup>5</sup> Problemstillingen er her formulert i kontinuerlig tid.



Her er  $\rho$  diskonteringsrenten for nytte, og  $\rho > 0$  er et uttrykk for tidspreferanse, dvs at en har en preferanse for fremskyndet behovstilfredsstillelse målt ved nytte.  $g_t$  er forventet gjennomsnittlig konsumvekst frem til  $t$ . Parameteren  $\gamma$  er elasticiteten til grensenytten, som også blir brukt som mål på risikoaversjon (relativ risikoaversjon). Den kan tolkes som et mål på krumningen på nyttefunksjonen definert på konsum. Den er her antatt å ha en konstant og tidsuavhengig verdi. Det er empirisk støtte for at den ligger mellom 1 og 2 i tallverdi.

$X_t$  er stokastisk konsumvekst frem til tidspunkt  $t$ . Den antas å være normalfordelt med forventningsverdi  $g_t$  og gjennomsnittlig varians pr tidsenhet lik  $\text{Var}(X_t)/t$ .

Vi antar først at konsumveksten er uten risiko. Vi ser da at avkastningskravet består av to ledd. Det første er den rene tidspreferansen som trekker i retning av et positivt avkastningskrav. Det andre leddet består av elasticiteten til grensenytten multiplisert med konsumveksten. Høy grensenytteelasticitet innebærer sterkere krumning av nyttefunksjonen som trekker i retning av konsumutjevning over tid. Ved positiv konsumvekst vil en høyere verdi på  $\gamma$  trekke i retning av et høyere avkastningskrav, slik at en vil bli mindre villig til å investere til fordel for fremtidig konsum/ fremtidige konsumenter jo høyere konsumveksten er og dermed mer velstående fremtidige konsumenter ventes å bli. Det strammere avkastningskravet innebærer at en ønsker større konsum i en tidlig fase, og motsatt med en fremtidig konsumnedgang. Resultatet blir en jevnere fordeling av konsumet over tid. Vi kan tolke dette leddet som en velstandseffekt ved at det trekker i retning av velstandsutjevning over tid<sup>6</sup>.

Det siste leddet fanger opp virkningen av usikkerhet om fremtidig konsumvekst. Vi ser at det bidrar til å redusere avkastningskravet, som betyr at en blir mer villig til å avstå konsum i dag gjennom investering i favør av fremtidig konsum eller fremtidige konsumenter. Parameteren  $\gamma$  er målet på relativ risikoaversjon, slik at høyere verdi for relativ risikoaversjon gir et lavere avkastningskrav og høyere sparing. Vi kan da tolke denne effekten som resultatet av et forsiktighetsmotiv siden økt sparing og investering i dag for å sikre oss mot en mulig uheldig konsumsituasjon i fremtiden har karakter av forsikring. Vi kan merke oss at dersom

---

<sup>6</sup> Som en kuriositet kan det nevnes at denne formelen lå til grunn for Finansdepartementets pålegg fra slutten av 1960-tallet om å benytte et realavkastningskrav på 10% for alle offentlige investeringer. Det var basert på en tidspreferanserate på 1%, en fremtidig konsumvekst på gjennomsnittlig 3% pr år, og en grensenytte-elasticitet på 3. L. Johansen: *Investeringskriterier fra Samfunnsøkonomisk Synspunkt*, Planleggingsavdelingen, Finansdepartementet, Desember, 1967.

usikkerheten mht fremtidig konsum øker med avstanden i tid, så vil diskonteringsrenten være fallende med hensyn på tiden<sup>7</sup>.

Om vi antar en marginal tidspreferanserate på 1%, forventet gjennomsnittlig konsumvekst på 2% med et gjennomsnittlig standardavvik på 1%, og en grensenytte-elasticitet på mellom 1 og 2, vil den konsumbaserte diskonteringsrenten ligge mellom 2 og 2,5%, der den maksimale verdien på avkastningskravet er for  $\gamma=1,5$ .

### Rentebasert avkastningskrav.

Ved denne tilnærmingen er diskonteringsrenten en alternativkostnad og problemstillingen er at en ikke kjenner den fremtidige finansielle alternativavkastningen for den kapital som bindes opp i langsiktige prosjekter. Beslutningstakeren antas å være risikonøytral i den forstand at en diskonterer ned forventningsverdiene til fremtidige prosjektoverskudd. Problemet består i å finne en sikkerhetsekvivalent diskonteringsrente som gir samme resultat som å diskontere med usikre fremtidige spotrenter i finansmarkedet.

Diskonteringsrentens betydning for nåverdikalkyler går via diskonteringsfaktorene. Dersom diskonteringsrenten for netto overskudd  $t$  perioder fra referansetidspunktet for investeringsanalysen er  $r$ , så vil diskonteringsfaktoren  $D^t(r)$  som deflaterer beløpet ned til nåverdi, være gitt ved  $D^t(r)=1/(1+r)^t$ . Vi kan merke oss at diskonteringsfaktoren er en fallende og konveks funksjon<sup>8</sup> av diskonteringsrenten. Renteusikkerhet betyr at diskonteringsrenten på et vilkårlig tidspunkt  $t$  er en tilfeldig variabel. Konvekse funksjoner har den egenskapen at forventet funksjonsverdi er større enn funksjonsverdien evaluert til forventet argumentverdi, som i dette tilfellet er forventet diskonteringsrente. Hvis vi lar  $E$  stå for matematisk forventning, betyr det at  $E[D^t(r)] > D^t(E[r])$ . Hvis vi da skal erstatte den usikre renten med en sikkerhetsekvivalent rente  $r_e^t$  (dvs en sikker rente som gir samme nåverdi), så innebærer det at den sikkerhetsekvivalente diskonteringsrenten til være lavere enn forventet rente, dvs  $r_e^t < E[r]$ . Det følger av at  $D^t(r_e^t) = E[D^t(r)] > D^t(E[r])$ . Det kan også vises at den sikkerhetsekvivalente renten vil være fallende med økt  $t$  (økt avstand i tid), og at den vil

---

<sup>7</sup> Fallende diskonteringsrente over tid blir gjerne omtalt som hyperbolsk diskontering.

<sup>8</sup> Konveks betyr at den andrederiverte mhp  $r$  er positiv, som innebærer at kurven for nåverdien som funksjon av diskonteringsrenten er fallende og krummer oppover.

nærme seg det laveste utfallet for den usikre renten når avstanden blir veldig stor<sup>9</sup> (t går mot uendelig).

Vi ser på et konkret eksempel med endelig horisont og med 3 forskjellige levetider for prosjektet, 10, 50 eller 75 år og vi beregner forventet nåverdi av en krone om hhv 10, 50 eller 75 år. Vi tenker oss 2 ulike rentescenarioer med 2% og 8% med lik sannsynlighet, og der renten i hvert scenario er konstant over tid. Forventet alternativkostnad gitt ved markedsrenten er da 5% på ethvert tidspunkt. Vi lar  $r_e(t)$  stå sikkerhetsekvivalent diskonteringsrente for en krone på tidspunkt t

Vi får da

$$\underline{t=10} \quad [ENV_{10}] = \frac{1}{(1+r_e(10))^{10}} = \frac{0,5}{1,02^{10}} + \frac{0,5}{1,08^{10}} \text{ som gir } r_e(10) = 4,53\%$$

$$\underline{t=50} \quad [ENV_{50}] = \frac{0,5}{(1+r_e(50))^{50}} = \frac{0,5}{1,02^{50}} + \frac{0,5}{1,08^{50}} \text{ som gir } r_e(50) = 3,31\%$$

$$\underline{t=75} \quad [ENV_{75}] = \frac{1}{(1+r_e(75))^{75}} = \frac{0,5}{1,02^{75}} + \frac{0,5}{1,08^{75}} \text{ som gir } r_e(75) = 2,67\%$$

Konklusjonen på grunnlag av den rentebaserte tilnærmingen er at det bør være en lavere sikkerhetsekvivalent diskonteringsrente for langsiktige prosjekter, og at den være avtakende med prosjektets tidshorisont.

#### (v) *Behandling av restverdier i samfunnsøkonomisk lønnsomhetsanalyse*

Det meste av infrastrukturinvesteringer innenfor jernbane- vei- og kysttransport er mer eller mindre irreversible slik at kostnadene er faste og i de fleste tilfelle i begrenset grad gjenvinnbare. Det eksisterer derfor ikke, eller i lite omfang, andrehåndsmarkeder for slike investeringer, da de har liten verdi utenfor sitt bruksområde. I mangel på markedsverdier må anslag på restverdier være fremtidsrettet og basert på anslag for nåverdien av den netto verdiskaping som infrastrukturen må forventes å gi opphav til innenfor den aktuelle gjenværende bruksperioden.

Hvis for eksempel restverdien av investeringen ved nåverdikalkylens tidshorisont beregnes som en pro rata andel av initialinvesteringen, kan valg av analysehorisont ha

---

<sup>9</sup> Se Weitzman (1998): *op.cit.*

betydning for lønnsomheten av prosjektet og det til tross for at en slik restverdi ikke vil ha noen økonomisk mening i nyttekostnadsanalysen dersom investeringen er en "sunk cost". Om vi for eksemplets skyld antar en investering på 10 mrdr med en levetid på 40 år, og en analysehorisont på 25 år, vil ved lineær avskrivning årlig nedskrivning være 250 mill og restverdien etter 25 år 6,25 mrdr. Hvis netto overskudd det 25. året er for eksempel 200 mill, ville lønnsomheten av prosjektet tilsynelatende ha økt ved å redusere analysehorisonten med ett år til tross for at prosjektet genererer en netto verdiskaping på 200 mill. Rent regnskapsmessig vil tapet av overskudd det 25. året bli mer enn kompensert ved den sjablongmessig fastsatte økningen i restverdien med 250 mill. Når ikke investeringskostnadene er gjenvinnbare (sunk cost), øker nåverdien med analysehorisontens lengde så lenge det periodiske overskudd fra driften er positivt når det er korrigert for nødvendige tilleggsinvesteringer for å holde kapasiteten og kvaliteten til infrastrukturen intakt.

Selv om det kan være vanskelig å lage prognoser for den driftsmessige lønnsomheten over lengre tidsrom, så kan en i de fleste tilfelle identifisere de viktigste kostnads- og inntektsdriverne. Dette kan gi grunnlag for sensitivitetsanalyser basert på scenarioanalyser for å få oversikt over hvilken risiko som hefter ved lønnsomheten på lang sikt. Selv svært omtrentlige anslag for nytte- og kostnadseffekter over prosjektets totale levetid bør kunne gi bedre informasjon om den fremtidige lønnsomheten enn en administrativt bestemt regel for beregning av restverdier urelatert til de faktiske forhold og sannsynlige rammebetingelser for den fremtidige lønnsomheten av prosjektet. En totalvurdering av langsiktige prosjekters lønnsomhet ville også sette fokus på det langsiktige avkastningskravets betydning for lønnsomheten.

#### *(vi) Fordelingseffekter*

Fordelingseffektene knyttet til et prosjekt har minst tre dimensjoner:

For det første har vi intertemporale fordelingseffekter, som angår fordelingen mellom individer på forskjellige tidspunkt, eller mellom ulike generasjoner. Disse ivaretas gjennom diskonteringsraten, ved at høy forventet konsumvekst (framtidige brukere vil ha det bedre materielt enn dagens skattebetalere) og høy grensenytteelastisitet (sterke preferanser for konsumutjevning/inntektsutjevning over tid) trekker i retning av høy diskonteringsrate og dermed lav nåverdi av langsiktige prosjekter.

For det andre har vi intratemporale fordelingseffekter, som angår fordelingen mellom individer, grupper eller regioner på samme tidspunkt. Det er ikke vanlig å kvantifisere slike effekter, men det er fullt mulig å gjøre det, med samme utgangspunkt som man bruker for å ivareta den intertemporale fordelingen. Det er mulig å beregne et sett med fordelingsvektorer som gjør det mulig å veie sammen velferdsgevinster for brukere med ulikt inntektsnivå i utgangspunktet; da slik at en gitt gevinst for en fattig bruker er mer verdt enn en tilsvarende gevinst for en rik. Grensenytteelastisiteten representerer fremdeles preferanser for inntekts og konsumutjevning og dermed aversjon mot ulikhet.

For det tredje har vi fordelingen av kostnadene mellom brukerne og skattebetalerne (representert ved staten). Vanligvis ser vi bort fra fordelingshensyn i denne sammenheng, slik at bare effektivitetshensyn tillegges vekt. Da er hovedprinsippet relativt enkelt: Brukeravgiften bør bestemmes slik at effektivitetstapet forårsaket av siste krone innkrevd fra brukerne, skal være lik effektivitetstapet knyttet til siste skattekrone brukt på prosjektet (20 øre). Brukeravgifter er da motivert ut fra hensynet til kostnadseffektiv finansiering av offentlige prosjekter i den forstand at det leder til minst mulig effektivitetstap. Men fordelingsmessige hensyn kan også ivaretas ved utformingen av avgiftene, med den konsekvens at brukere med lav relativ inntekt betaler mindre enn mer velstående.

*(vii) Eksempel: Dobbeltspor Oslo S – Ski*

Når det gjelder diskontering av fremtidige tidsgevinster, vil effekten på nåverdien av realprisjustering generelt forsterkes av en lavere diskonteringsrente. Gruppen har sett på hvordan dens forslag med hensyn til realprisjustering av tidsgevinster og kostnader samt alternative diskonteringsrenter ville slått ut for lønnsomheten av prosjektet dobbeltspor Oslo S. - Ski, som er et aktuelt case. Tidshorisonten er i analysen satt til 80 år med nødvendige suppleringsinvesteringer etter 40 år. Både realprisjustering og lavere diskonteringsrente har stor betydning for lønnsomheten av prosjektet.

## **2. Prinsipiell vurdering av mernytte som gir næringsøkonomiske gevinster av store infrastrukturtiltak**

Den klassiske tilnærmingen når vi skal vurdere gevinster for næringslivet i nytte-kostnadsanalyser er basert på alternativkostnadsprinsippet. Her er det verdien av den alternative anvendelsen av spart reisetid i bedriften som, ved hjelp av sparte lønnskostnader, omregnes til bedriftenes økonomiske gevinst sammen med besparelsen i kjørekostnadene. Dette gjelder både for godstrafikk og for forretningsreiser, hvor alternativkost er den forenklete tilnærming til hvordan ny infrastruktur påvirker bedriftenes økonomiske utvikling. Det er ved denne fremgangsmåten tilstrekkelig å beregne hvor mye reisetid som spares samt den økonomiske besparelsen på kjørelengder - dvs ingen komplekse tilpasninger fra bedriftenes side inngår i beregningsgrunnlaget. Effektene måles i primærmarkedet som her vil si transportmarkedet, og hele gevinsten som tilfaller bedriftene er kostnadsbesparelser som virker gjennom berørte transportmarkeder som primærmarkedet.

Det finnes nå en stor litteratur som omhandler hvordan man skal behandle effekter for bedrifter som kan spores gjennom berørte sekundærmarkeder. Det finnes mange komplementære markeder som berøres av ny infrastruktur som en vei, som bygging av nye bensinstasjoner, restauranter /kaféer og hoteller eller varehandelsbedrifter som alle har det til felles at de isolert sett gir økt verdiskaping og økt sysselsetting. Dette kan betegnes som klassiske ringvirkninger fra prosjektet. I faglitteraturen er her den klare regel at slike ringvirkninger som hovedregel ikke skal tas med. Tilsvarende gjelder for en ny bedrift som blir etablert og funnet lønnsom på grunn av lavere transportkostnader som også måles i primærmarkedet dersom vi har riktig prognose for nyskapt trafikk. En moderne lærebok i nytte-kostnadsanalyser som Boardman, Greenberg, Vining and Weimer (2006 ) oppsummerer dette slik : "We should ignore effects in undistorted secondary markets, regardless of whether there are price changes , if we are measuring benefits in the primary market using empirically measured demand schedules that do not hold prices in secondary markets constant. " . Problemet oppstår når vi ikke kan forutsette godt fungerende konkurransemarkeder i slike sekundærmarkeder med priser tilnærmet lik samfunnsøkonomiske marginalkostnader. Mest relevant her er når vi har betydelige innslag av eksterne effekter som ikke er internalisert hos markedsaktørene eller stort innslag av skatteklær som i arbeidsmarkedet. Her er rådene fra faglitteraturen litt mer uklare, Boardman mfl (2006): "Effects that occur in distorted secondary markets should in principles, be valued separately. Yet, in practice, it may be very

difficult to do so. Fortunately, price changes in most secondary markets are likely to be small. Thus, even when secondary markets are distorted, ignoring these markets may result in relatively little bias to CBA". Teorien er derved klar på at dersom ny infrastruktur bidrar i arbeidsmarkedet for høyere kompetanse på rekruttering og vekst, samt investeringer i humankapitalen eller FOU som bidrar til kunnskapseksternaliteter, så skal dette regnes på eksplisitt. Siden arbeidsmarkedet er dominert av skattekiler er dette en tilleggsgrunn til å gjøre eksplisitte beregninger. Det er dette tilleggsproblemet med ulike former for eksterne virkninger og markedsimperfeksjoner vi her ser nærmere på. Dette skiller seg fra klassiske ringvirkninger i sekundærmarkeder. Problemet blir da om vi har god nok empirisk forståelse til å kunne gjøre robuste slike tilleggsanalyser.

Nyere teori innenfor økonomisk geografi som for alvor startet med artikler fra Krugman tidlig på 90 tallet, fokuserer det vi kaller agglomerasjonseksternaliteter og de gevinster man høster gjennom konsentrasjon i større byer og regionale næringsklynger. Transportmarkedet har i disse modellene en viktig funksjon hvor investering i infrastruktur bidrar til å øke markedsstørrelsen og gjennom størrelse høstes produktivitetsgevinster i det som er sekundære markeder til transportmarkedet som det primære. I disse modellene forutsetter man imperfekte markeder og skalafordeler i produksjonen. Da holder ikke lenger den enkle tilnærmingen som krever at pris er tilnærmet lik grensekostnad i alle markeder (frikonkurransetilstand). Den nyere transportlitteraturen har sitt utgangspunkt i fagfeltet «industrial organization», et teoriområde som først og fremst fokuserer på imperfekte markeder og spillteoretiske tilnærminger. Vi finner noen av de samme aktørene som har dominert teoriutviklingen omkring kunnskapsinvesteringer og økonomisk vekst og eksterne virkninger, som nå har gått inn i teoriutviklingen innenfor dette transportøkonomiske fagfeltet. Parallellen til endogen vekstteori finner vi også i utviklingen fra makro til mikro teori. Aschauer (1989) startet mye av diskusjonen om eksterne virkninger av infrastruktur, og den økte betydningen for produktivitetutviklingen i et makroperspektiv. Forholdet mellom infrastruktur og næringsøkonomisk utvikling er etter hvert ført mye mer over i retning av mikroteori og teori for imperfekte markeder, med analyseredskaper fra «industrial organization» og den skoleretning som fulgte i kjølvannet av artiklene til Krugman tidlig på 90 tallet. Temaet bringes dermed over mot dypere forståelse for årsaksvirkningskjeder innenfor teoretiske modeller, noe vi i liten grad oppnår i makroanalysene.

Krugman og modellene inspirert herfra trekker i sine modelltilnæringer inn fem hovedemner som teorien fremhever kan ha undervurdert transportinfrastrukturens innvirkning på næringsøkonomisk vekst:

- Bedret tilgang til et større varemarked gjennom lavere transportkostnader kan utløse skalafordeler med selvforsterkende effekter som skaper sentralisering av produksjonen, men samtidig også økonomiske gevinster gjennom produktivets-gevinster som utløses av agglomerasjonsfordeler ("forward linkages")
- En økning i etablering av oppstrømsbedrifter eller ekspansjon i disse som følge av markedskonsentrasjon øker markedet for leverandører og antall leverandører og mangfold i disse som vil skape økt konkurranse og økt kvalitet i leverandørnettene noe som vil redusere det generelle kostnadsnivå og dermed skape økt økonomisk aktivitet i regionen. Investering i transportinfrastruktur kan bidra til å stimulere denne dynamiske vekstprosess og nå indirekte gjennom mer effektiv leverandørsektor med større marked, utløse skalagevinster og produktivitetseffekter ("backward linkages")
- Utviklingen av industrielle klynger kan være knyttet til visse terskelverdier, slik at «the big bang» kan starte en prosess som gir selvforsterkende effekt. Transportinfrastruktur kan være med på å utløse dette hvis andre forhold også ligger til rette.
- Arbeidsmarkedets virkemåte kan være en viktig forutsetning for å skape økonomisk vekst, og infrastruktur kan knytte arbeidsmarkedet bedre sammen. Også på dette feltet er fokus størrelse på det relevante arbeidsmarkedet og hvordan man for konjunkturutsatte bransjer kan oppnå effektivitets gevinster med "labour pooling" og bedre utnyttelse av denne produksjonsfaktoren i markedet.
- Den femte typen modeller er også relatert til størrelse og arbeidsmarkedet og modellerer pendlermarkedets effekter i en agglomerasjonsmodell. Med å investere i infrastruktur som bedrer tilgjengeligheten for pendlere, bidrar man til vekst i sentrale områder med høyere produktivitet som effekt i et sekundært marked, arbeidsmarkedet, som vanligvis ikke trekkes inn i lønnsomhetsvurderingen av ny infrastruktur. Dette kan undervurdere næringslivsgevinster kraftig og her kan også skattegevinster komme inn som tilleggsgvinst (Venables, 2007)

Mye av teorien om eksterne effekter og imperfeksjon i markedet som grunnlag for å underestimere nytteeffekter fra infrastruktur handler om "ekte" eksterne virkninger. Dette er økonomiske gevinster som virker gjennom produktfunksjonen til bedriftene, men som ikke er internalisert i beslutningssystemet. Det kan være effekter som påvirker rekruttering i



kunnskapsmarkedet som skaper kunnskapseksternaliteter eller investering i ny teknologi og innovasjoner med spillovereffekter til andre bedrifter. Teorien om ny økonomiske geografi modellerer først og fremst det som omtaler som **pekuniære eksterne virkninger** som virker gjennom markedene, og som gir reelle økonomiske gevinster som vi ikke i tilstrekkelig grad tar hensyn til når vi vurderer infrastrukturinvesteringenes samlede effekt.

Et viktig tema som dukker opp i forholdet mellom det vi måtte oppdage under punkt 1 til punkt 3 er hva vi faktisk måler av nytteverdien for næringslivet på vei, og hva vi eventuelt mister av det som skjer i bedriften hvis vi bare gjør målinger på vei. I den klassiske nytte-kostnadsteorien omtaler man det ofte som det duale problemet som kan registreres som markedsverdien på bedriftene målt som børsverdiene på alle bedriftene som blir berørt. Med en effektivt fungerende børs ville man registrert samme verdiøkning på børsen som den man registrerer som nytteøkningen gjennom ulike kostnadsbesparelser. Dersom børsen verdsette verdiøkningen mye høyere enn tidskostnadsberegningene skulle tilsi, var dette en indikasjon (via det duale problem) på at vi hadde undervurdert næringslivsnyttene. Vi har imidlertid ikke børsnoteringer i dag som gjør oss i stand til å separere ut slike partielle virkninger. Det vil derfor ikke være mulig å teste for det duale problemet.

Næringsøkonomiske klynger og betydningen av disse for økonomisk vekst har fått økende oppmerksomhet i den akademiske litteraturen de siste årene. En av de mest betydningsfulle bidragsytere til denne litteraturen er den amerikanske økonomen Paul Krugman. I Krugman (1995) oppsummerer han de mest vanlige “sentripetale” kreftene som kan bidra til slike vekstkraftige klynger (agglomerasjon):

- \* Naturlige fordeler knyttet til stedet
- \* “Rene” eksterne effekter
- \* Pekuniære eksterne effekter
  - markedskoblinger framover (tilgang til markeder for sluttprodukter)
  - markedskoblinger bakover (tilgang til markeder for innsatsvarer)
  - “fyldige” arbeidsmarkeder (“labour pooling”)

I tillegg har en i deler av litteraturen også fokusert på “sentrifugale” krefter som har en tendens til å bryte opp agglomerasjoner. Blant de viktigste sentrifugale kreftene er de som virker gjennom markedet - f.eks. høye pendlingskostnader og arealkostnader i sentrale områder, og krefter som ikke virker gjennom markeder - f.eks. kødannelse og forurensning. I det følgende skal vi se bort fra slike effekter.

Fram til nå har en i litteraturen fokusert mest på de rene teknologiske ringvirkninger hvor kunnskap på en eller annen måte smitter via bedriftenes produktfunksjoner. En grunn til dette noe snevre fokuset er nok ønsket om å kunne beholde de “behagelige” frikonkurransesforutsetningene for å gjøre modelleringen enklere. Ofte blir slike kunnskapsspredninger imidlertid behandlet som en “svart boks”, hvor en ikke vinner særlig ny innsikt om de dype strukturelle årsakene til klyngedannelser. På denne måten “mister” en også grepet på mange interessante policy-aspekt. Den makroøkonometriske tilnærmingen, som på mange måter startet med Aschauer (1989), synes å føye seg inn i denne “svart boks” tradisjonen (se f.eks. Ashauer (1993)). Et annet poeng, som bl.a. er framhevet av Krugman (1993), er at teknologiske eksterne effekter sannsynligvis er et mer globalt fenomen. I følge Krugman er det de pekuniære eksterne effektene som er de mest interessante i det regionale eller lokale perspektivet, og slike effekter er også lettere å få øye på.

Konvensjonelt har det vært markert et sterkt skille mellom de “rene” eksterne effektene og pekuniære eksterne effekter som virker gjennom markedsstørrelse (se f.eks. Krugman (1984)). Kombinasjonen av pekuniære eksterne effekter (markedsstørrelse) og ulike former for markedssvikt blir fokusert i den nye litteraturen - eller som Krugman (1993) hevder: “*pecuniary external economies matter*”. Den nye økonomisk geografi-litteraturen (f.eks. Krugman (1991a, 1991b, 1993), Krugman and Venables (1995)) fokuserer primært på slike pekuniære eksterne effektene, som f.eks. kan virke via koblinger mellom markedsstørrelse og bedriftenes kostnader. Klyngeeffekter framtrer her som en konsekvens av sammenhengen mellom transportkostnader, faktormobilitet og skalafordeler. I modeller med markedskoblinger “framover” (f.eks. Krugman (1991a)), er det størrelsen på det lokale markedet for sluttprodukter som betyr noe for lønnsomheten til bedriftene. Gitt at skalafordelen er stor nok og innsatsfaktorene er mobile, vil bedrifter ønske å betjene markedet fra en enkelt lokalisering. For å minimere transportkostnadene, vil bedriftene velge et produksjonssted med en stor lokal etterspørsel. Men lokal etterspørsel blir størst akkurat der hvor bedriftene er lokalisert, og modellen illustrerer på denne måten hvordan en selvforsterkende effekt, som danner næringssterke sentra og svake periferier, kan gjøre seg gjeldende. Dersom det er sterke markedskoblinger “bakover”, er det derimot størrelsen på underleverandørindustrien som gir skalafordeler. Det at bedrifter klynger seg sammen, gir bedriftene bedre tilgang på flere innsatsfaktorer (et bredere spektrum), noe som reduserer kostnadene. I “labour pooling”-modellen til Krugman (1991b) vil reduserte transportkostnader gi insentiv til å danne bedriftsklynger for å redusere risikoen for knapphet

på spesialisert arbeidskraft. Poenget er her svært kort fortalt at bedrifter som bruker noenlunde samme type arbeidskraft “buffer” hverandre med hensyn til denne arbeidskraften slik at de blir mindre konjunkturfølsomme.

Det som gjør alle disse tilnærmingen spesielt interessante er at de forklarer det en ofte kan observere, nemlig at geografiske klynger er selvforsterkende. Et annet viktig moment er at tendensen til klyngedannelser antakeligvis vil forsterkes ettersom Europa blir mer integrert, og de rene handelskostnadene dermed reduseres. Da blir transportkostnader relativt sett mye viktigere, og kanskje spesielt for Norge hvor det kan være stor avstand mellom produksjonssted og marked, og hvor de topografiske forholdene er svært spesielle (med mange og lange fjorder og mange fjelloverganger). I en internasjonal konkurranse-sammenheng er det dermed viktig å prioritere de *riktige* infrastruktuursatsingene i årene framover, slik at en legger forholdene til rette for klyngedannelser også her i landet. I Bergo-utvalget (NOU (1996)) har en som en erkjennelse av dette bl.a. betonet viktigheten av å prioritere de gode transportkorridorene til utlandet og riksveiinvesteringer mellom næringssterke områder på Øst- og Vestlandet.

Den teoretiske “arbeidshesten” innenfor denne nye teoriretningen er den velkjente Dixit-Stiglitz (1977) monopolistisk konkurransemodellen, med differensierte produkter. I denne modellen er skalafordeler i bedriftene ivaretatt ved en lineær kostnadsfunksjon med faste kostnader. Hver bedrift står overfor en konstant etterspørselastisitet og bestemmer produktprisen som et fast påslag på marginale kostnader. Ved å forutsette fri etablering og avskalling av bedrifter, vil konkurranse eliminere renprofitten, og jo flere bedrifter som konkurrerer jo mindre blir avviket mellom produktpris og marginalkostnad. For å se nytten av Krugman-tilnærmingen i forbindelse med evaluering av større infrastrukturprosjekt, kan det være hensiktsmessig å gå litt nærmere inn på tre relevante modeller.

#### Transportsentrum (“hub”)-modellen (Krugman (1993))

I denne modellen er det koblingen mellom “naturlige” forutsetninger (f.eks. sentralitet, nærhet til en sentralhavn) og skalafordeler (stordriftsfordeler) som er “pådriver” for bedriftsopphoppingen og dermed det økonomiske vekstforløpet i regionen. Dersom transport av varer/tjenester fra lokalisering 1 til både lokalisering 2 og 3 er billigere enn transport mellom lokaliseringene 2 og 3, er lokalisering 1 definert som et transportsentrum. Modellen viser at på grunn av økende skalaavkastning, så vil slike transportsentra være attraktive steder

å legge produksjon av varer og tjenester til. Modellen viser videre at dersom det også er økende skalaavkastning i transportsektoren, vil denne tendensen være selvforsterkende.

Anta at der er  $n$  industribedrifter som hver produserer en produktvariant i et marked med monopolistisk konkurranse (I-sektoren). I tillegg finnes det en sektor som produserer med konstant skalaavkastning, eksemplifisert ved jordbrukssektoren (J-sektoren) i modellen til Krugman. Bedriftene bruker kun arbeidskraft, og denne er mobil mellom de ulike geografiske stedene. Konsumentene i denne økonomien har en felles Cobb-Douglas nyttefunksjon:

$$(4) \quad U = C_I^\pi C_J^{1-\pi}$$

hvor  $\pi$  er den andelen av inntekten som brukes på varene produsert i I-sektoren,  $C_I$ ,  $C_J$  er aggregatet av andre varer og tjenester (“jordbruksvarer”).  $C_I$  er et CES-aggregat av de differensierte industrivarene.<sup>10</sup>

I stedet for å modellere selve transportsektoren, innføres det såkalte “iceberg” transportkostnader i modellen: Når varer fraktes mellom ulike steder, forsvinner (“smelter”) noe av frakten underveis, og  $\tau_{ij}$  er andelen av en vareforsendelse som kommer fram når den sendes fra  $i$  til  $j$ . Dvs. at når  $\tau_{ij} = 1$  er der ingen transportkostnader, og jo mindre  $\tau_{ij}$  er jo større er kostnadene. Disse transportkostnadene inngår på en asymmetrisk måte:

$$(5) \quad \tau_{12} = \tau_{21} = \tau_{13} = \tau_{31} = \tau > \tau_{23} = \tau_{32} = \tau'$$

Kostnadene er m.a.o. større mellom lokaliseringene 2 og 3 enn mellom henholdsvis 1 og 2, og 1 og 3. Modelltrikset er nå å forutsette konsentrert produksjon - f.eks. i lokalisering 1 - og så finne kriterier for når det er lønnsomt for en bedrift å flytte produksjonen til et annet sted - f.eks. lokalisering 2. Dette kan illustreres på en svært enkel måte, når vi ser bort fra selve dynamikken i modellen<sup>11</sup>: La  $L_1$ ,  $L_2$  og  $L_3$  være arbeidsstyrken og antall konsumenter i de tre lokaliseringene 1, 2 og 3. Ved konsentrert produksjon vil salgsinntekten til en bedrift i lokalisering 1 være:

$$(6) \quad pq = \{(\tau_{11}/\tau_{11})^{\varepsilon-1}L_1\pi + (\tau_{12}/\tau_{12})^{\varepsilon-1}L_2\pi + (\tau_{13}/\tau_{13})^{\varepsilon-1}L_3\pi\}/n = (L_1\pi + L_2\pi + L_3\pi)/n$$

<sup>10</sup> Industrivarene er sammensatt av et stort antall symmetriske produktvarianter med en konstant substitusjonselastisitet (CES) mellom to varianter:  $C_I = [\sum_i c_i^{(\varepsilon-1)/\varepsilon}]^{\varepsilon/(\varepsilon-1)}$ . Når antallet produsenter er stort nok, er substitusjonselastisiteten  $\varepsilon$  tilnærmet lik etterspørselselastisiteten.

<sup>11</sup> Her er det kun “likevektsløsningen” eller agglomerasjonskriteriet som vises. I en fullstendig modell må også dynamikken modelleres. Da blir imidlertid denne og liknende modeller vanskelige å løse rent analytisk, og Krugman bruker derfor simuleringer for å få fram de kvalitative resultatene.

hvor  $p$  er produktprisen og  $q$  er (likevekts)produksjonen. Her konkurrerer bedriften med andre bedrifter i samme lokalisering, og den “relative transportkostnaden” vektet med etterpørselastisiteten er derfor lik en.

En bedrift,  $x$ , som vurderer å flytte produksjonen til lokalisering 2, vil oppnå en salgsinntekt som er lik:

$$(7) \quad p_x q_x = \{(\tau_{21}/\tau_{11})^{\varepsilon-1} L_1 \pi + (\tau_{22}/\tau_{12})^{\varepsilon-1} L_2 \pi + (\tau_{23}/\tau_{13})^{\varepsilon-1} L_3 \pi\} / n$$

Siden  $\tau_{11} = \tau_{22} = 1$ ,  $\tau_{21} = \tau_{12} = \tau_{13} = \tau$  og  $\tau_{23} = \tau'$ , vil salgsinntekten være lik:

$$(8) \quad p_x q_x = \{\tau^{\varepsilon-1} L_1 \pi + \tau^{-(\varepsilon-1)} L_2 \pi + (\tau'/\tau)^{\varepsilon-1} L_3 \pi\} / n$$

For å forenkle framstillingen ytterligere antas det at  $L_1 = L_2 = L_3 = L$ . Da vil (6) og (8) reduseres til henholdsvis:

$$(6') \quad pq = 3L\pi/n$$

og

$$(8') \quad p_x q_x = \{\tau^{\varepsilon-1} + \tau^{-(\varepsilon-1)} + (\tau'/\tau)^{\varepsilon-1}\} L\pi/n$$

Agglomerasjonskriteriet  $pq > p_x q_x$  er følgelig:

$$(9) \quad \tau^{\varepsilon-1} + \tau^{-(\varepsilon-1)} + (\tau'/\tau)^{\varepsilon-1} < 3$$

Siden de to første leddene i (9) summerer seg til mer enn 2, må det tredje leddet være “tilstrekkelig” mindre enn en - dvs. transportkostnadene til/fra transportsentrumet 1 må være tilstrekkelig mindre enn transportkostnadene mellom de to andre lokaliseringene.. Dersom forbedringen i infrastrukturen fører til “tilstrekkelig” reduksjon i transportkostnadene for en lokalisering i forhold til andre lokaliseringer, vil dette i følge modellen føre til økt konsentrasjon av produksjonen og økonomisk vekst.

### En modell med tilbakekoblinger (Krugman og Venables (1995))

I denne modellen av Krugman og Venables ser de på sammenhengen mellom agglomerasjon og internasjonal handel ved hjelp av et stilisert teoretisk rammeverk, hvor spørsmål vedrørende industriklynger og tilpasningsproblemer ettersom Europa blir mer integrert forsøkes besvart. Modellen har mye til felles med transportsentrummodellen og andre økonomiske geografimodeller (f.eks. Krugman (1991a)), og burde derfor også være relevant for det regionale/lokale nivået. I denne modellen forutsettes det imidlertid at produksjonsfaktorene er ikke-mobile mellom land (regioner). Vertikal integrering i industrien skaper nå samme type spesialisering og konsentrasjon som faktormobilitet i andre modeller.

Den formelle modellen består av to industrielle monopolistisk konkurransesektorer (i tråd med Dixit-Stiglitz-modellen) i hver av to regioner med symmetrisk ferdigvareetterspørsel etter de to varene som produseres. Sektorene er koblet sammen ved en symmetrisk kryssløpsmatrise for innsatsvarer. "Iceberg" transportkostnader påløper nå både i innsatsvare- og ferdigvaremarkedet. Det som betyr noe for den industrielle lokaliseringen er samla etterspørsel etter industriens produkter, som består av konsumentenes etterspørsel etter ferdigvarer og etterspørselen etter innsatsvarer fra industrisektorene. En nødvendig forutsetning i modellen er at flyten av innsatsvarer mellom bedrifter er større innad i hver av industrisektorene enn mellom sektorene. Det samme modelleringstrikset som ble brukt i transportsentrum-modellen kan nå anvendes også i denne modellen for å utlede kriterier for stabile likevekter (konsentrasjon eller spredning av industrien). Det kan nå vises - analogt til transportsentrummodellen - at "tilstrekkelig" reduksjon i generelle handelshindringer (f.eks. lavere transportkostnader) vil føre til agglomerasjon og økonomisk vekst. I denne modellen vil lønnsomheten til bedriftene avhenge positivt av *antall bedrifter* som er lokalisert i samme geografiske område. Nyetableringer vil mao. ha positive effekter for etablerte bedrifter: kostnadene blir lavere jo flere innsatsvarer som produseres.

Forutsetningen om at arbeidskraften kun er mobil mellom industrisektorer og ikke mellom land/regioner kan virke restriktiv når vi ser på det regionale/lokale nivået. Ved å åpne opp for full faktormobilitet får vi en ny kilde til agglomerasjon, noe som forsterker klyngeeffekten. Det samme er tilfelle dersom vi kombinerer de to modellene, noe som kan være relevant for deler av industrien i Norge - f.eks. innen møbelproduksjon, petrorelatert næring, marin næring eller maritim industri der både grad av transportsentrum og geografisk konsentrasjon, mobilitet på arbeidsmarkedet og størrelsen på underleverandørindustrien opplagt har stor betydning.

Den empiriske forskningen som er gjennomført av disse to hovedmodellene er oppsummert i Head and Mayer (2004). Det store antall empiriske arbeider peker ut dette som et omfattende forskningsområde. Konklusjonene fra disse analysene er imidlertid mer blandet med hensyn til hvordan disse teoretiske agglomerasjonsmodellene blir bekreftet av mer empiriske arbeider, sitat side 2663: " One can see a number of supportive findings but there are just as many findings that appear to undermine the new theory. There are a number of other explanations that are consistent with the data and not much yet that strongly points to the explanations offered by new economic geography."

Dersom denne omtalte Krugman-teorien har noe for seg, vil merinntekten som klyngedannelser fører til, ikke kunne avleses som ren-profitt i de berørte bedriftene, men vil avleires som generell avlønning av innsatsfaktorene i økonomien. I modellene til Krugman spiller bl.a. konkurranse mellom bedrifter som er underleverandører til klyngebedrifter en vesentlig rolle. I et dynamisk perspektiv kan dermed avvik fra marginalkostnadsprising i disse berørte markeder antakeligvis bli små, og en gjør ikke så store feil ved å kun se på nytteøkningen til brukerne av den forbedrede infrastrukturen - dvs. det meste måles i det primære transportmarkedet. Utfordringen blir dermed å fange opp eventuell nyskapt trafikk på en plausibel måte. Dette er også et av hovedpoengene til Jansson (1991), men fra et helt annet teoretisk perspektiv. Jansson tror ikke på noen særlig grad av eksterne effekter og dermed heller ikke på noen betydelig nyskapt trafikk, men anbefaler likevel en økt satsing på empiriske analyser for å få kunnskaper omkring de mekanismer som *kan* lede til økt person- og godstrafikk. Med den nye økonomisk geografilitteraturen har vi imidlertid et teoretisk holdepunkt for at lokale (pekuniære) eksterne effekter kanskje har en viss betydning, og dette kan ytterligere rettferdiggjøre økt satsing på slike empiriske analyser. Et annet og viktig spørsmål er hvordan vi best måler nyskapt trafikk som følge av infrastrukturforbedringer, og dette henger nøye sammen med nyttemålingen i nytte-kostnadsanalysen. Dette er også en konklusjon fra den gjennomgangen vi i kapittel ( ) har hatt av Mohring teoremet. Også med den erfaring vi finner fra de empiriske analysene er dette forskningsområdet neppe så modent at man generelt skulle anbefale å måle slike næringsøkonomiske produktivitetseffekter i sekundære markeder i den enkelte nytte- kostnadsanalysen. Dette er empirisk for usikkert. Det generelle rådet i dag vil være på mer strategisk nivå å gi prioritet til forbedring av transportkorridorer som knytter oss til globale markeder samt nasjonale korridorer som knytter sammen beslektede næringssterke områder. Rådet blir tilsvarende det man finner i Bergo-utvalget fra 1996.

#### Kost -benefitanalyser og betydningen av agglomerasjoner som virker via pendling og arbeidsmarked.( Venables (2007))

Den tredje modellen vi her skal se litt nærmere på er den som er omtalt i Venables (2007) hvor den sentrale forutsetning er at det indre av en bykjerne, som London, har høyere produktivitet enn de områder man konkurrerer om arbeidskraften med. Dette er også en likevektsmodell hvor både lønnsnivå, prisen på eiendom og tilgangen på arbeidskraft inngår. Driveren i modellen er at det investeres i ny infrastruktur som reduserer reisekostnadene for det relevante arbeidsmarked. Dette gir økt tilgang av arbeidskraft og agglomerasjonseffekten

er nå skalagevinster på veksten i arbeidsmarkedet som også gjør markedet større gjennom etterspørselseffekten. I artikkelen brukes modellen til å lage numerisk eksempel. Med å anta produktivetsforskjeller basert på empiriske analyser og anslag på lønn, skattekiler og sparte reisekostnader, så finner man i numerisk eksempel at utelatelse av produktivetsgevinst og skatteeffekt undervurderer nivået på nyttesiden med en faktor på over 2. Dersom det her er slik at agglomerasjonseffekten er en ekstern virkning og at vi har skatteeffekt som virker gjennom et sekundært arbeidsmarked, så kan det lett være at det klassiske opplegget i nytte-kostnadsberegninger undervurderer nyttegevinstene. To nyere norske eksempler kan illustrere konsekvensene av dette resultatet. Dobbelspor til Ski har en viktig effekt med bedret tilgjengelighet til Oslo for pendlere. Kostnadene er estimert til 11 mrd kroner og samlede nyttegevinster er beregnet til under halvparten av kostnadene. Hvis det nå er slik at dette bidrar til økt vekst i arbeidsmarkedet i Oslo, at produktiviteten her er høyere enn beste alternative anvendelse og at vekst i Oslo utløser skalaeffekter, så kan det være at vi både har en produktivets og skatteeffekt som ville påvirket nyttesiden signifikant. Et annet relevant eksempel har vi for Eiksundsambandet som ferjeavløsningsprosjekt som åpnet for 2 år siden. Dette knytter et øysamfunn med en sterkt voksende maritim klynge til fastlandet. Her kan vi og anta at for det relevante arbeidsmarkedet så er produktiviteten høyere her enn alternativet på fastlandet. Ferjeavløsningsprosjektet kostet 900 mill kroner og nyttegevinstene forsvarte bare 30% av disse. Også her kan det være mernytte gjennom en produktivetsgevinst og skattegevinst ved økt pendling. Det kan være at det er relevant å se nærmere på den typen numeriske modeller Venables (2007) kommer opp med på noen relevante norske case. Dette kunne gjøres empirisk som ex post analyser med fokus på å velge case som kan ha slike agglomerasjonseffekter som omtalt. I et slikt videre forskningsopplegg er det viktig at man også vurderer at slike tilleggseffekter ikke blir dobbelttelling i forhold til grundige analyser i det primær markedet.

Den teoretiske basisen for nytte-kostnadsanalyser er velferdsteorien, som identifiserer den samfunnsøkonomiske verdien av et infrastrukturprosjekt ved hjelp av begrepet marginal betalingsvillighet. I vårt opplegg - med fokus på ulike investeringer i transportinfrastruktur - vil det empiriske motstykket til marginal betalingsvillighet være bedriftenes estimerte trafikketterspørsel, som indikerer sammenhengen mellom trafikkvolum (antall biler som registreres mellom to destinasjoner pr. tidsenhet), generaliserte realkostnader (tidskostnader, kjørekostnader og ferje- og bompengavgift) og bedriftenes produksjonsvolum. Vi får en fallende etterspørsel etter produksjonsfaktoren transport som avspeiler grenseproduktiviteten



for denne produksjonsfaktoren som vist i figur 1. Vi bruker med andre ord det tradisjonelle begrepsapparatet som vi kjenner fra den mikroøkonomiske teorien.

Ser vi helt bort fra eksternaliteter av ny infrastruktur, skal i prinsippet alle effekter være ivaretatt i bedriftenes betalingsvillighet for infrastrukturforbedringer. Dette inkluderer nåverdien av den forventede økte verdiskapningen som følge av ny infrastruktur. Vi skulle dermed kunne måle alle effektene "på veiene" som økt trafikk. Dette gjelder som nevnt sannsynligvis også i tilfeller med *lokale pekuniære eksterne effekter* basert på Krugman-teorien. Vi er imidlertid avhengig av å finne riktige mål på de kostnadene som er involvert. I de fleste analyser er tidskostnadene beregnet som gjennomsnittlige brutto lønnskostnader pr. time.

Det er næringslivet som i mange prosjekter utgjør en vesentlig del av betalingsvilligheten for bedret infrastruktur, og det kan argumenteres for at det er dette markedssegmentet som kan være utsatt for "underestimering" i konvensjonelle *ex ante* analyser. For å komme nærmere et korrekt mål på næringslivets betalingsvillighet for ny infrastruktur kan en forsøke å identifisere og tallfeste det vi her kan kalle "agglomerasjonsgevinster" som kan knyttes til skift i grenseproduktivitetskurven i figur 1 og som kan knyttes til alle de tre modellene som her er omtalt. Dette betyr at vi får en økning i grenseproduktiviteten som ikke alene kan avleses i transportmarkedet men som påvirker bedriftenes produktivitet indirekte. Det kan eksistere en bestemt betalingsvillighet for et prosjekt, men denne er ikke synlig i de tradisjonelle nyttekostnadsanalysene.

Rent teoretisk er vi ute etter å finne virkningskoeffisienter i det simultane kostnad (tilbud) - etterspørselssystemet:

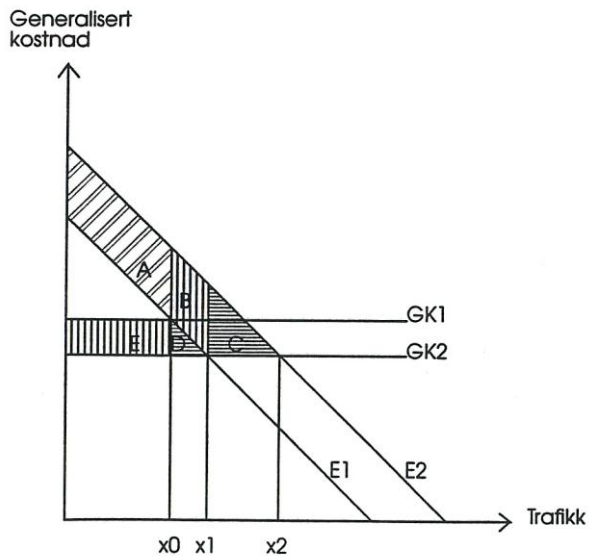
$$(1) \quad X = f(GK, Y, Q_x)$$

$$(2) \quad GK = g(X, Y, Q_p)$$

hvor  $X$  er trafikkvolumet mellom to steder,  $GK$  er realprisen (generaliserte kostnader) for transport mellom de to stedene,  $Y$  er produksjonsvolumene til bedriftene,  $Q_p$  er det reisetidsavhengige permanente kvalitetsskiftet som er reflektert i prisen og  $Q_x$  er det reisetidsuavhengige permanente skiftet i grense produktiviteten som ikke er reflektert i prisen, og som dermed skifter etterspørselskurven utover i diagrammet illustrert i figur 1. Likning (1) er etterspørselsfunksjonen og likning (2) er tilbuds- eller enhetskostnads-funksjonen (her generaliserte kostnader). Dersom det ikke er kapasitetsproblemer på det aktuelle

infrastrukturnettet (konstante marginale kostnader), vil generaliserte kostnader (likning 2) ikke være avhengig av trafikkvolumet, og vi kan få identifisert det simultane likningssystemet. Et positivt skift i etterspørselskurven kan teoretisk tolkes på to måter: enten som en effekt fra volumfaktoren Y eller klyngedannelse i tråd med Krugman-teorien.

Figur 1 viser et stilisert (og lineært) eksempel på hvordan vi teoretisk kan beregne økte næringsøkonomiske gevinster av infrastrukturkvalitetsforbedringer som gir momentane skift i kostnads- og etterspørselskurvene.



Figur 1. Teoretisk beregning av nytte ved ny infrastruktur

Etter åpning av ny vegforbindelse blir økningen i trafikken større enn det vi kan kalkulere basert på den estimerte etterspørselskurven i førsituasjonen ( $E_1$ ) gitt generaliserte kostnader i ettersituasjonen ( $GK_2$ ). Den “korrekte” etterspørselskurven i ettersituasjonen ( $E_2$ ) har altså skiftet mot høyre, og observert trafikkøkning er  $X_2 - X_0$  i stedet for  $X_1 - X_0$ . Skiftet i kostnadskurven fra  $GK_1$  til  $GK_2$  skyldes kvalitetsforbedringer som er reflektert i kostnadene ( $Q_p$  i likning (2)). Skiftet i etterspørselen fra  $E_1$  til  $E_2$  skyldes derimot produktivetsgevinster som ikke er reflektert i kostnadene ( $Q_x$  i likning (1)). De skraverte arealene i figuren vil nå være et mål på den totale nytteøkningen. Arealet ( $A+E$ ) er et uttrykk for økningen i produsentoverskudd for bedriftene fra førsituasjonen, mens arealet ( $B+C+D$ ) uttrykker økningen i produsent-overskuddet som følge av nygenerert trafikk. Arealet  $A$  er et uttrykk for samla gevinsten for bedriftene i førsituasjonen, og den vertikale avstanden mellom de to etterspørselskurvene er et mål på ekstra produktivetsgevinster pr. tur som kan tilskrives

eksterne virkninger. Vi ser fra figuren at disse ekstra gevinstene også har stor betydning for samla nytteøkning i forbindelse med den nygenererte trafikken.

I forhold til figur 1 og det omtalte case, Eiksundsambandet, så viser empirien her to år etter åpning at trafikkveksten har vært så høy at bompengeperioden som var satt til 15 år kan reduseres til 6 år. I henhold til drøftingen i figuren kan dette indikere at det er noen tilleggsgevinster. Dette kan det være relevant å studere noe nærmere med utgangspunkt i omtalte teori.

### 3. Næringslivstransporter

Fordeler for næringslivet når det gjelder persontransport skal i prinsippet fanges opp i persontransportmodellene hvor transportforbedringer fører til økt antall arbeidsreiser (arbeidstilbud) og også flere tjenestereiser.

Behandlingen av godstransporter i forbindelse med n/k-analyser *er i dag* på mange måter noe enklere enn for persontransporter. Det er en ny godstransportmodell under utvikling som i utgangspunktet skal være ganske avansert, men det gjenstår å se hvor godt den vil reprodusere faktisk godsstrømmer og predikere endringer. Uansett vil modellen baseres på eksisterende næringsstruktur og den eksisterende geografiske fordeling av bedrifter.

Det opplegg som hittil er benyttet er at man operer med faste OD-matriser for godsbiler. Disse holdes faste eller de fremskrives med en fast prosent pr år. Når man gjennomfører prosjekter/tiltak i veisystemet vil nytten beregnes som reduksjon i kjøre- og tidskostnader for denne faste matrise med godsbilturer. Man later altså som om etterspørselen når det gjelder veitransport av gods er uelastisk mhp totalvolum og fordeling på transportrelasjoner og transportmåter. Det som endres er veivalg og kjøre- og tidskostnader i forbindelse med bygging av nye veianlegg eller utbedring av eksisterende veianlegg. Begge deler vil gi endring i transportkostnader som da benyttes i forbindelse med evaluering av tiltakene.

Det er selvsagt ikke realistisk å forutsette at etterspørselen etter næringstransporter ikke påvirkes av endringer i transportsystemet og denne forutsetning innebærer en systematisk undervurdering av effekten på "produsentoverskuddet". Reduserte transportkostnader for innsatsvarer og produkter vil langt på vei ha same effekt som en prisøkning på produkter og en prisreduksjon på innsatsvarer. Begge deler skal i henhold til teorien gi økt produksjon og medføre økt volum på inn- og uttransporter. Det vil også kunne medføre endringer i logistikkopplegg inkl. lagerhold og endringer i geografisk fordeling når det gjelder kunder og leverandører av innsatsvarer.

Å forutsette uelastisk etterspørsel når det gjelder godstransport er med andre ord en tvilsom forutsetning. På den annen side vil nesten uten unntak den største del av gevinsten være nytten for "eksisterende" trafikk og det er særdeles vanskelig å anslå hva som faktisk vil skje av volumendringer på transportrelasjoner hvor transportkostnadene endres. Man kunne selvsagt forsøke å modellere dette, noe som til dels blir gjort i den nye modellen for

godstransport, men det er grunn til å tro at man på dette området har mindre stabile sammenhenger enn det vi kan regne med når det gjelder persontransport.

Litt forenklet kan vi vel derfor si at i forbindelse med dagens praksis så mangler triangellet som bør inkluderes når man bruker "rule of the half". Det store spørsmål er *om det er noe mer*, dvs gevinster som ikke vil fanges opp gjennom volumendringer på transporter (korrekt beregnet) og endring i generaliserte transportkostnader og som er av noen størrelsesorden og samtidig kan beregnes med rimelig nøyaktighet.

*Mohring's teorem:* Det som populært betegnes Mohring's teorem [1] sier at dersom vi også får med triangellet " - for en langsiktig etterspørselskurve - for næringstransporter i tillegg til "rektanglet", så skal vi egentlig få med det som er relevant å ta med i en n/k-analyse når det er tale om endringer i "produsentoverskudd". Eller sagt på en annen måte: Nyten for næringslivet "skal i prinsippet kunne måles på veien". En implisitt forutsetning her er vel at man har full sysselsetting.

Hvis Mohrings teorem holder så står det igjen å beregne "verdien av triangellet" eller verdien såkalt "nyskapt næringstrafikk". Dette er ikke enkelt. Det beste man kan gjøre i dag er trolig å velge en eller annen ad hoc løsning. Det som går på større veier er jo en blanding av alle mulige slags transporter mht til vareslag, kjøretøytyper og origin/destination, og som regel er det også inkludert en god del tomkjøring.

Mohring's teorem forutsetter så langt jeg kan se at virkningen av forbedret transportsystem kommer via reduserte transportkostnader for input og output. Det kan medføre bedre utnyttelse av stordriftsfordeler og gi gevinster i forbindelse med omlokaliseringer med mer. Spørsmålet er om teoremet også holder hvis transportsystemet i tillegg innebærer "constraints" på produksjons- og logistikk muligheter. Det ville i så fall innebære at en forbedring som fjerner dette "constraint" eller løser noe opp på det, også vil innebære et skift i produksjonsmulighetskurven og øke produktiviteten .

Det er vel egentlig en tilsnikelse å betegne hele gevinsten for godstransporter som ending i "produsentoverskudd". I markeder med konkurranse vil i siste instans det meste komme konsumentene til gode i form av lavere priser på ferdige produkter.

Selv om vi aksepterer Mohring's teorem så er det selvsagt måleproblemer, og spesielt i forhold til det vi kan betegne som relevante transportkostnader. På samme måte som for persontransport har vi problemer med en del kvalitative aspekter. Vi vet f.eks at bedrifter er opptatt av pålitelighet i fremføringstiden for gods. Vi kan sikkert få en del informasjon fra "stated preference" undersøkelser om hvordan de verdsetter pålitelighet i fremføringstid. Det

praktiske problem er som ofte ellers at vi har dårlig kunnskap om variasjoner i fremføringstid i utgangspunktet og vi har problemer med å predikere hvordan det tiltak vi ser på vil påvirke fremføringstiden. Dvs at selv om vi kan anslå hvordan pålitelighet i fremføringstid, f eks målt ved variansen på fremføringstiden evalueres, så har transportetatene foreløpig ikke et systematisk opplegg som tillater beregning av varians eller hvordan variansen endres når tiltak gjennomføres.

Et annet aspekt kommer inn i forbindelse med ferjeavløsningsprosjekter. Her har man den fordel at forbindelsen blir kontinuerlig tilgjengelig. Man tar for så vidt hensyn til at ferge innebærer ventetid, det som ikke blir skikkelig ivaretatt er at forbindelsen også blir tilgjengelig i perioder hvor ferjen ikke trafikkerer (eks natt) eller hvor den har vesentlig dårligere frekvens enn på dagtid på virkedager. Størrelsen på denne type gevinster – både for person og gods – kunne man kanskje få en ide om ved å se på trafikkens fordeling i tid før og etter en ferjeavløsning. På den annen side er det slik at spesielt lenger ferjeoverfarer gir hviletid for sjåfører.

Ser vi hva som tidvis er oppe i media så er det vel også noe med kjørekomfort som ikke blir ordentlig fanget opp. Trailersjåfører klager på svingete og smale veier som er slitsomme å kjøre og det samme gjelder sikkert for personbilførere.

Selv om vi i dag antagelig ikke fanger opp en del mer langsiktige tilpasninger så er det vel her som ellers at gevinster som eventuelt kommer et stykke ut i tid og får liten vekt når nytten diskonteres.

Når det gjelder næringslivsgevinster er det vel også slik at næringslivet er interessert i å overvurdere nytten av forbedringer, men dette er vel først og fremst et problem i forbindelse med politiske prosesser og lobbyvirksomhet.

### **Avhengighet mellom prosjekter**

Enkelt sagt betyr det at  $\text{nytte}(A) + \text{nytte}(B) \neq \text{nytte}(A \cup B)$ . Her har det vært syndet mye, men det er kanskje blitt litt bedre etter hvert. Har man ”prosjektpakker” og det er snakk om avhengigheter skal man strengt tatt se på alle permutasjoner av prosjekter og sekvensering i tid av disse.

[1] Mohring, Herbert and Harold F. Williamson, Jr. (1969) “Scale and ‘industrial reorganisation’ economies of transport improvements,” *Journal of Transport Economics and Policy* 3: 251-271.

## 4. Persontransportmodeller – Hva fanger de opp av tilpasninger?

### Innledning

De persontransportmodeller som omtales her er det norske system av modeller. Dette omfatter en langdistansemodell (NTM) som behandler reiser som er over 100 km en vei. Videre har vi et ”standard” sett av 5 regionale modeller som behandler reiser under 100 km (RTM). Disse tar for seg hver sin ”veiregion”. I tillegg er det regionale modellsystem fleksibelt og det kan tilpasses andre geografiske inndelinger, f eks bare et storbyområde. Slik tilpasning gir opphav til såkalte DOM-modeller (DeIOMråde). Dette system av modeller er nå nærmest obligatorisk ved utredning av samferdselsprosjekter.

Begge modellsystemer er av den såkalte 4-trinnstypen, dvs at de behandler følgende ”beslutninger”:

1. Turgenerering
2. Turfordeling/destinasjonsvalg
3. Valg av reisemåte
4. Valg av reiserute

I tillegg kjøres en ”førmodell” som segmenterer befolkningen på tilgang til bil (førerkort og biler/førerkort i husholdningen). Det er ikke noe i denne førmodell som kan gi en tilbakekobling fra transportpolitiske tiltak til biltilgang, men det kommer kanskje i neste versjon.

Både NTM og RTM er basert på inndeling av modellområdet i soner og kodede transportnett (veisystem og kollektivruter). I RTM er sonene grunnkretser, mens NTM soner er et aggregat av grunnkretser. Resultatet av å kjøre trinn 1.- 3. er et sett til/fra- matriser (OD- matriser) for turer mellom soner. Det er stort sett en OD-matrise pr reisemåte og reiseformål.

Trinn 4 håndteres av kommersielle ”nettverksprogrammer”. Disse finner korteste vei i veinett, avhengig av hva som er kriteriet for korteste vei (tid, distanse, generalisert kostnad etc). For veisystemer med købelastning har man algoritmer som beregner såkalt brukerlikevekt (”user equilibrium”) når det gjelder veivalg. Da produseres også reisetider som reflekterer køforholdene. For kollektivreiser benyttes et tilsvarende, men litt mer innfløkt prinsipp for å beregne beste reiserute(r). Siden ruter har forskjellig avgangstider og frekvens kan dette gi fordeling på flere reiseruter for en gitt reiserelasjon,

Trinn 2 og 3 håndteres simultant med logit-modeller, mens trinn 1 er litt blandet når det gjelder modelltype. Logitmodellene og ”turgenereringsmodellen” er basert på en ganske omfattende segmentering av befolkningen på kjønn, alder og husholdningstype.

I RTM opereres det med reiser til eget arbeidssted og tjenestereiser som egne reiseformål. Det betyr at en forbedring av transportsystemet også vil gi en liten økning i antall tjeneste- og arbeidsreiser. Det første kan kanskje tolkes som en økning i sysselsetting, mens det for tjenestereisenes del kanskje kan tolkes som mer personkontakt mellom bedrifter. Tjenestereiser omfatter imidlertid også slikt som hjemmehjelperes reiser etc som dreier seg om ikke-kommersiell virksomhet.

### ***Hva kan modellene brukes til?***

Modellene er brukt til – eller kan brukes til:

*Prognoser/fremskrivninger av reise-eterspørrel.* Her er det i første rekke snakk om effekter av inntektsøkning og befolkningsøkning over tid, men det kan også være spørsmål om endringer i relative priser. Siden modellene er sonebasert må man også spesifisere hvor en befolkningsvekst kommer. SSB gjør fremskrivninger på kommunenivå, men til modellene trenger man en fordeling på grunnkretser og husholdningstyper. Det er laget prosedyrer for å håndtere dette. I forbindelse med prognoser har det også vært vanlig å legge inn politiske vedtatte transportforbedringer i form av vei- og eventuelt - baneprosjekter. De sterkeste drivkrefter i forbindelse med prognoser er befolknings- og inntektsvekst. I RTM modellene slår innekt først og fremst ut via bilhold/førerkortinnehav slik at flere får tilgang til bil eller bedre tilgang til bil som reisemåte. Indirekte, via såkalte logsummer får dette også en liten effekt på turgenerering.

I RTM-modellene er det 5 delmodeller, en for hvert reiseformål. Hver av modellene har implisitte tidsverdier som er lik forholdet mellom parameter for reisetid og parameter for kostnad. Disse tidsverdier er dels segmentavhengig. I forbindelse med prognoser har det foreløpig ikke blitt tatt hensyn til at tidsverdier kan endres over tid. Dette måtte i så fall gjøres ved at kostnadsparameteren reduseres, tidsparameteren økes eller en kombinasjon av reduksjon og økning. Teoretisk tror jeg ikke dette er helt avklart. Fra et mer teoretisk formelt synspunkt avhenger dette bl a av hva som skjer med Lagrange-multiplikatorer på hhv økonomisk budsjettbetingelse og budsjettbetingelsen på tid.

Når det gjelder RTM (altså reiser under 100 km) er det også mulig at dette aspekt ikke betyr så mye. For korte reiser har man i liten grad en trade-off mellom reisemåter som er



raske og koster mye og reisemåter som har lavere hastighet og koster mindre. Har man først bil er marginalkostnaden ikke så langt unna kollektivtakster. Det er derfor mulig at biltilgang fanger opp den viktigste effekt av inntekt når det gjelder prognoser for etterspørselen.

For lange reiser (NTM) er inntekt direkte inne som variabel i trinn 1, 2 og 3 i tillegg til effekten via biltilgang. Vi får derfor den effekt som er observert i reisevaneundersøkelser over tid, nemlig at antall korte reiser pr dag ligger nesten konstant (i vertfall når vi tar hensyn til usikkerhetsmarginene mm i undersøkelsene), mens antall lange reiser øker og da sterkest for fly som er den raskeste og ofte den dyreste reisemåte.

Når det gjelder langsiktige prognoser i kombinasjon med utbyggingsplaner så må dette behandles eksogent. Dvs vekst må tilordnes de soner hvor man forventer at utbyggingen vil komme.

Generelt vil RTM-modellen og NTM tilsammen fange opp de viktigste effekter i form av endring i antall reiser og fordeling av reiser på reiserelasjoner og reisemåter når de benyttes til prognoser. Som for alle numerisk implementerte modeller er det selvsagt et spørsmål om nøyaktighet og realisme i de effekter som beregnes, men effektene ivaretas ihvertfall (og med riktig fortegn).

Analyse av prosjekter og andre tiltak.

*Veiprosjekter:* Prosedyren her at man har en referansesituasjon. Først beregnes såkalte "level of service" (LOS) variable for denne referansesituasjon for et basisår og eventuelle senere år i analyseperioden. Disse variable gir transportkvalitet som kjøretid, distanse, eventuelle bompenger og fergeutgifter og for kollektivtrafikk: ombordtid, gangtid, ventetid, antall overganger og takster per reiserelasjon (sonepar). Distanse benyttes til å beregne kjørekostnader. Disse variable går så som input til delmodellene som håndterer trinn 1, 2 og 3 sammen med en rekke data for soner. Man får da beregnet OD-matriser som representerer etterspørselen.

Hvis det f.eks er tale om et veiprojekt må man dette kodes inn i nettverket sammen med eventuelle endringer som forutsettes å skje samtidig, f eks nedlegging av fergesamband, stengning av andre veier, nye kollektivtrasee og ruter osv. Ved bompengeprojekter kodes også bompenger inn der hvor det skal betales. Deretter beregnes et nytt sett med LOS-data som inngår i en ny modellkjøring som gir et nytt sett med OD-matriser. Et prosjekt vil normalt innebære forbedret transportstandard (lavere kostnader, kortere tid) for en del

sonerelasjoner, mens mange ikke berøres. Dette gir endringer både i destinasjonsvalg og reisemiddelvalg og – som regel – litt utslag på totalt antall reiser.

Evaluering av trafikantoverskudd skjer med "rule of the half" anvendt på hver sonerelasjon (delmarked) og summeres over alle reiserelasjoner. Her er det vanlig å benytte tider og kostnader som tas fra modellen (LOS-variable) og evaluere endringene til "offisielle" tidsverdier. Dette innebærer utvilsomt en form for inkonsistens siden modellenes implisitte tidsverdier kan avvike mer eller mindre fra de "offisielle". Dette må vi antagelig leve med så lenge man ved modellestimering ikke velger å låse implisitte tidsverdier til de "offisielle". Vi vil normalt få bedre etterspørselsmodeller ved å unnlate å bruke denne type restriksjoner på estimeringen samtidig som "offisielle" tidsverdier ikke nødvendigvis inneholder "den store sannhet" selv om de er estimert med andre metoder.

*Baneprosjekter:* Her følges i hovedsak samme prinsipp. Man har en referansesituasjon og beregner LOS-variable og OD-matriser for denne. Baneprosjekter er litt mer omfattende fordi man i tillegg til trase og stasjoner må kode et tenkt ruteopplegg som skal betjene den nye eller oppgraderte banestrekning og eventuelle endringer i rutebetjening av andre banestrekninger. Dette kan være litt problematisk fordi JBV har ansvar for bygging og vedlikehold av bane, mens NSB og eventuelt andre operatører er ansvarlig for rutene. Samtidig er det visse restriksjoner som må ivaretas for ethvert ruteopplegg på jernbane (avstand mellom tog, forbikjøringsmuligheter etc). Siden mye av jernbanetrafikken får offentlige tilskudd eller vil det tilbud man faktisk får også avhenge senere beslutninger når det gjelder nivå på tilskudd. Strammes det inn på tilskudd vil det få konsekvenser for tilbudets omfang og/eller takstnivå. I tillegg til selve ruteopplegget på bane vil det ofte også være nødvendig å gjøre forutsetning om konkurrerende eller komplementære busstilbud. I det hele tatt vil det være slik at etterspørselseffekt og nytte av et baneprosjekt i stor grad vil avhenge av hvordan det totale kollektivtilbud blir i forhold til referansesituasjonen, dvs hvordan påvirkes ombordtider, gangtider, ventetider og antall overganger på ulike reiserelasjoner i forhold til referansesituasjonen.

Bybanen i Bergen er f.eks et eksempel på slike problemstillinger. Direkteruter til eller gjennom sentrum er planlagt erstattet med matebusser til en del banestasjoner. I seg selv medfører dette flere overganger og kanskje mer ventetid og til dels lenger gangavstander. Da man i sin tid skulle gjøre en n/k-analyse for bybanen viste det seg at trafikantnyttens kom ut med  $\pm 0$ . I tillegg fikk man ikke tatt hensyn til det som i ettertid viste seg å være et problem i anleggsperioden, nemlig trafikkforstyrrelser og forsinkelser for veitrafikken.

Generelt vil man for baneprosjekter også fange opp endringer i etterspørselen nå det gjelder endring i antall reiser på ulike reiserelasjoner og endringer i fordelingen på reisemåter, Man har imidlertid et problem ved at de rutevalgmodeller som benyttes for kollektivtransport ikke er helt tilfredsstillende, noe som også slår ut i de LOS-variable som produseres for kollektivtrafikk. På samme måte som for veiprosjekter benyttes ”rule of the half” hvor endringer i LOS-variable (tidskomponenter) evalueres i henhold til ”offisielle” verdier.

Det man ikke fanger opp i 4-trinns modellene er eventuelle effekter på lang sikt som skyldes at endringer i transportsystemet kan påvirke hvor nye boliger lokaliser eller hvor ny næringsutbygging skjer. Dette er også problematisk fordi man sjelden vil ha en ren markedstilpasning siden arealbruksplaner legger sterke føringer på dette området. I land hvor arealbruken i større grad er markedsstyrt ville antagelig en kombinert ”land use & transportation” modell hatt noe mer å tilby.

Det er endel forhold som av og til etterlyses i forbindelse med de eksisterende persontransportmodeller:

- ”Park & ride” og ”kiss & ride” modelleres ikke. Dette har dels praktiske grunner som at antall observasjoner av disse kombinasjoner er lite i det materialet man estimerer på. Men slike multimodale reiser er også generelt vanskelige å modellere.
- Ulike kvalitative faktorer som pålitelighet/punktlighet og komfort er ikke eksplisitt tatt inn i modellene. Slike faktorer kan delvis være reflektert i verdier på de parametre som estimeres, men mange er tydeligvis opptatt av slike forhold. Problemet er at man har lite av systematiske registreringer som kan benyttes i forbindelse med modellestimering og senere anvendelser.
- Parkering behandles svært primitivt. Dette er også et spørsmål om det samme, nemlig informasjon om forholdene / variable som kan brukes både ved estimering og senere anvendelser.
- Bedre håndtering av ”storbytrafikk”. Dette gjelder spesielt køproblemer og trafikkens fordeling i tid. Noe av det som gjøres i dag på dette området er litt ad hoc preget. Her er det snakk om å gjøre noen grep i forbindelse med videreutvikling, spesielt for RTM-systemet.

### **Eksempel: Nytt dobbeltspor Oslo-Ski**

Dette er et prosjekt for JBV hvor DNV, SNF og MFM samarbeidet om utredningen som omfattet en del tekniske analyser, etterspørselsanalyser og en n/k analyse. Det er snakk om et nytt dobbeltspor som frem til Ski vil følge en annen trase enn eksisterende Østfoldbane.

Østfoldbanen har i flere år vært regnet som en problemstrekning med mye forsinkelser og for liten kapasitet i rushtidene.

Kapasitet og forsinkelser henger sammen. Forsinkelser kan ha mange årsaker og den opprinnelige grunn til en forsinkelse kan godt ligge utenfor strekningen Oslo – Ski. Kapasiteten i systemet - i form av hvor mange togavganger man kan betjene i løpet av en time - er dessuten ikke bare et spørsmål om denne bestemte strekning, men også av andre flaskehalsen i systemet (Oslo S, sentrumstunnellen mm). En mer omfattende analyse burde antagelig vært foretatt av slike forhold, men oppdragsgiver (JBV) la her føringer som gjorde at dette ikke var aktuelt.

Et hovedproblem når det gjelder kapasitetsproblemer på jernbane er at en eller annen hendelse, enten knyttet til spor, signalanlegg eller rullende materiell (tog) har en tendens til å skape forsinkelser som forplanter seg fordi det er begrensede forbi- og omkjøringsmuligheter. Man får da såkalte følgeforsinkelser. Et nytt dobbeltspor vil ikke nødvendigvis gjøre så mye med årsakene til at forsinkelser oppstår hvis dette ikke er spesielt knyttet til tekniske forhold ved bane og signalanlegg på strekningen Oslo-Ski, men vil kunne redusere konsekvensene i form av totale forsinkelser i systemet både på strekningen Oslo-Ski og på andre strekninger av ulike hendelser som berører tog som trafikkerer strekningen Oslo S - Ski .

En totalanalyse av hva et nytt dobbeltspor Oslo – Ski kunne bety for forsinkelsene for passasjerer på tog inn til og ut fra Oslo S samt på delstrekninger ellers i Østlandsområdet lå utenfor dette prosjekt, men siden en viktig begrunnelse for hele prosjektet er pålitelighet-/kapasitet ble det gjort noen forutsetninger basert på registrerte forsinkelser (ved ankomst Oslo S) for tog på Østfoldbanen. Gjennomsnittstall fra denne registrering ble lagt inn som ekstra reisetid, dels ombord i tog og dels som ekstra ventetid på stasjoner. Det ble i tillegg gjort forutsetninger mht hvor mye disse forsinkelser ville bli redusert og reduksjoner i forsinkelser fikk ekstra vekt i evalueringen. I tillegg ble det benyttet nye kjøreplaner for tog og til dels nye bussruter for mating til stasjoner mm.

Alt i alt ga modellkjøringene økt antall reiser med kollektivtrafikk og på jernbanen spesielt (som det burde gjøre ved en forbedring). Fordelene for kollektivtrafikantene skyldes dels mindre forsinkelser og dels raskere fremføring fra mellom Ski og Oslo for de tog som benyttet den nye banen. Utslaget på frekvens(ventetid) var noe forskjellig avhengig av hvilken reiserelasjon det var tale om. Det ble også beregnet en gevinst som skyldes mindre biltrafikk i rushtidene på grunn av reiser som ble overført til kollektivtrafikk. Totalt sett var det relativt store gevinster knyttet til trafikantnytte, men pga de store investeringer kom allikevel prosjektet ut med ca 5000 Mill kr i minus.

Det man ikke har fått med i analysen er verdien av eventuell reduksjon i forsinkelser for passasjerer som ikke reiser på strekningen Oslo-Ski, men som indirekte blir berørt av forsinkelser for tog på denne strekning. Det er også andre metodiske problemer i et prosjekt som dette hvor forsinkelser fremheves som et problem. Vi må regne med at folk ikke bare er opptatt av gjennomsnittlig forsinkelse i forhold til tidtabeller, men også variansen på forsinkelsene. Dersom alle avganger alltid var like mye forsinket i forhold til tidtabell hadde det ikke vært noe stort problem for informerte passasjerer. Problemet er at forsinkelsene varierer mye og at det er vanskelig for trafikanter å tilpasse seg dette.

#### Konklusjon:

Når det gjelder persontransport kan vi vel trekke en konklusjon i retning av:

Modellene fanger opp det aller meste av relevante tilpasninger når det gjelder transportrelaterte tiltak og policies. Man får effekter på veivalg, reisemiddelvalg og destinasjonsvalg samt en liten effekt på totalt antall reiser når transportsystemet forbedres.

Man vil alltid kunne stille spørsmål ved størrelsen på de effekter som beregnes, men så langt er det ikke noe som tilsier systematiske skjevheter eller feil størrelsesforhold. De modeller som benyttes inneholder ikke eksplisitte etterspørselastisiteter som ofte er letter å forholde seg til enn et stort antall enkeltparametere i ulike delmodeller. Man kan imidlertid finne de elastisiteter som ligger implisitt i modellene ved f eks å beregne effekten av 10 % økning i en variabel man er interessert i. Denne type beregninger har stort sett gitt rimelige resultater som er på linje med det man har estimert med andre metoder. Modellene er i sin filosofi slik at de skal fange opp en blanding av kortsiktige og mer langsiktige tilpasninger. Det betyr at alle utslag som beregnes på etterspørselen ikke nødvendigvis kommer umiddelbart, men det er vanskelig å si noe spesifikt om dynamikken her. Valg av en annen kjørerute for en gitt reise er f eks noe som kan skje umiddelbart. Det kan imidlertid også være tale om skifte av bosted og/eller arbeidssted. Dette behandles ikke eksplisitt i modellene, men ligger for så vidt implisitt. Vi må regne med at det tar vesentlig lenger tid før transporttiltak har gitt fullt gjennomslag i denne type tilpasninger. Modellene inneholder ikke det som på engelsk ofte betegnes som "transport/ land use interaction". Her er det ofte snakk om ganske langsiktige tilpasninger som bare delvis er markedsstyrt.

En del forhold som ofte omtales eller etterlyses er heller ikke inkludert i modellene, men det er også gjerne forhold som er vanskelige å trekke inn uten betydelig mer systematisk informasjon om forholdene. Forhold det her er tale om dreier seg ofte om kvalitet/komfort.

I forhold til evaluering av trafikantnytte er det kanskje i første rekke forutsetningen om konstant "value of time" over tid som er diskutabel. Man skulle tro at denne mer eller mindre ville følge inntektsutviklingen så sant ikke en vesentlig økning av fritid skulle trekke i motsatt retning. Det som kan tale for det siste er at andelen pensjonister vil øke de nærmeste 10-år. For noen reiseformål betyr dette at vi får relativt flere reisende som "har god tid".

## **5. Endringer i relative priser (realprisendringer), m.m.**

I en prosjektanalyse måles som regel alle kostnader og gevinster i ett bestemt års kroneverdi (basisårets kroneverdi). I den forbindelse brukes forventet utvikling i konsumprisindeksen som deflator. Denne fanger opp forventet utvikling i prisnivået på en standardisert kurv av konsumvarer. Når man så diskonterer ned til basisåret med realrenten (nominell rente fratrukket forventet vekst i konsumprisindeksen), måles framtidige kostnader og gevinster i enheter av denne standardiserte varekurven i basisåret. Prisen på denne standardiserte varekurven normaliseres vanligvis til 1 i basisåret, slik at målestokken blir kroner i basisåret.

Hvis man rutinemessig bruker konsumprisindeksen som deflator på alle fremtidige kostnader og gevinster, risikerer man imidlertid å gjøre betydelige feilvurderinger. Dette skyldes at ikke alle priser vokser i takt med konsumprisindeksen (altså prisen på en standardisert varekurv). Derfor bør i prinsippet framtidige kostnader og gevinster først regnes om til konsumekvivalenter (varekurver) på det tidspunkt de oppstår, før de deflateres med konsumprisindeksen. Disse to omregningene gjennomføres i en og samme operasjon når vi bruker realpriser og realprisvekst i analysen.

I samferdselssektoren er spesielt prisutviklingen på tid og drivstoff viktig i denne sammenheng. Utviklingen i realprisen på tid er stort sett bestemt av reallønnsveksten (økningen i antall standardiserte varekurver vi kan kjøpe for en månedslønn). Utviklingen i realprisen på fossilt drivstoff (økningen i antall varekurver det koster oss å fylle tanken på bilen) er i hovedsak bestemt av grad av knapphet på olje og klimaproblemene.

Slike realprisendringer kan ha stor betydning både for gevinster og kostnader knyttet til et prosjekt i samferdselssektoren. Vårt inntrykk er at man i samferdselssektoren rutinemessig tar hensyn til realprisendringer når man med utgangspunkt i historiske tall justerer pris- og kostnadsanslag fram til basisåret. Dette gjelder også verdien av brukernes tidsbesparelser. Men så er det stopp: De relative prisene man har i basisåret, blir gjort gjeldende i hele prosjektets levetid. Denne praksisen bør endres; hvis for eksempel reallønnsnivået har steget i perioden fram til basisåret, er det vel grunn til å tro at det vil fortsette å stige senere også – og at dette vil kunne påvirke både gevinster og kostnader knyttet til et prosjekt.

La oss ta utgangspunkt i et nytt vegprosjekt (for eksempel en bru eller en tunnel). Prosjektet er svært stilisert og skreddersydd med tanke på å illustrere konsekvensene av realprisendringer, i tillegg til enkelte skattemessige aspekter knyttet til verdsetting av tid.

### Gevinster

Anta at prosjektet bidrar til at en bestemt person (en representativ trafikant) sparer 45 minutter i kjøretid per arbeidsdag (tur-retur mellom heim og arbeidssted). Undersøkelser indikerer at dette bidrar til å redusere vedkommendes direkte reisekostnader med 250 kroner per arbeidsdag i første driftsår, som vi lar være året etter basisåret. Dette er da hans maksimale betalingsvilje for å benytte den nye kjøreruten en dag i dette året<sup>12</sup>. Vedkommende har 220 arbeidsdager per år, og vil ikke bruke den nye kjøreruten for andre formål enn arbeidsreiser. På årsbasis er kostnadsbesparelsene dermed 55000 kroner.

Det er her formålstjenlig å splitte reduksjonen i den generaliserte reisekostnaden i tre deler: (1) verdien av selve tidsbesparelsen, (2) reduksjon i drivstoffkostnadene og (3) andre kostnadsbesparelser (som for eksempel redusert slitasje på kjøretøy).

#### (1) Verdien av tidsbesparelsen

Anta at trafikanten vi studerer har en netto timelønn på 200 kroner etter skatt. Dette er da et godt utgangspunkt for hans verdsetting av tidsbesparelser, enten han bruker den på fritid eller på å jobbe ekstra<sup>13</sup>. En tidsbesparelse på en 45 minutter har derfor en verdi på 150 kroner for vedkommende (60% av den totale kostnadsbesparelsen for trafikanten). På årsbasis (220 kjøredager) utgjør dette  $T=33000$  kroner.

I en verden hvor reallønna vokser over tid, vokser også realverdien av denne tidsbesparelsen. Vi skal se på tre ulike alternativer for reallønnsveksten, 0%, 1% og 2%, det vil si  $g_T = 0.00, 0.01$  og  $0.02$ .

Hvis diskonteringsrenten er  $r$ , og tidshorisonten svært lang, vil nåverdien av tidsbesparelsen i basisårets kroneverdi være (tilnærmet)  $T/(r-g_T)$ . Fra denne formelen er det tydelig at dersom reallønnsveksten øker med en prosentenhed, så er det ekvivalent med en reduksjon i diskonteringsraten med en prosentenhed.

Lar vi diskonteringsrenten være 5%, det vil si  $r=0.05$ , har vi følgende nåverdi av tidsbesparelsen, målt i basisårets kroneverdi:

---

<sup>12</sup> Vi ser foreløpig bort fra bomavgifter.

<sup>13</sup> Vi har her et enkelt utgangspunkt, hvor trafikanten er fri til selv å bestemme allokeringen av tid på jobb og fritid. Nettolønna blir dermed prisen på fritid. Reisetid går på bekostning av arbeidstid og/eller fritid. Det gjelder både arbeidsreiser, som her, og fritidsreiser.



$$33000/0.05=660000 \text{ dersom } g_T=0.00$$

$$33000/0.04=825000 \text{ dersom } g_T=0.01 \text{ (en økning med 25\%)}$$

$$33000/0.03=1100000 \text{ dersom } g_T=0.02 \text{ (en økning med 66.7\%)}$$

Vi ser at hvis vi neglisjerer reallønnsveksten og dermed den forventede økningen i verdien på tid, så undervurderer vi gevinstene ganske dramatisk i langsiktige prosjekter.

## (2) Verdien av drivstoffbesparelsen

Anta at samlet kjørelengde reduseres med 5 mil og at det trengs 1 liter drivstoff per mil. Prisen per liter er 10 kroner i året etter basisåret. Dermed reduseres drivstoffkostnadene med 50 kroner (20% av besparelsen for trafikanten), noe som på årsbasis utgjør  $D=11000$  kroner.

Også realprisene på drivstoff forventes å vokse, slik at realverdien av besparelsene vokser over tid. Også her velger vi å se på vekstrater på 0%, 1% og 2%, det vil si  $g_D=0.00$ , 0.01 og 0.02.

Vi kan finne nåverdien av besparelsene som  $D/r-g_D$ , det vil si

$$11000/0.05=220000 \text{ dersom } g_D=0.00$$

$$11000/0.04=275000 \text{ dersom } g_D=0.01 \text{ (en økning med 25\%)}$$

$$11000/0.03=366667 \text{ dersom } g_D=0.02 \text{ (en økning med 66.7\%)}$$

Dette betyr at besparelsene på drivstoff også undervurderes dramatisk dersom man ser bort fra den forventede realprisveksten.

I den grad den tekniske utviklingen bidrar til at drivstoffbehovet per mil reduseres over tid, så vil det redusere konsekvensene av økte realpriser på drivstoff og dermed verdien av drivstoffbesparelser. Også overgang til andre drivstofftyper vil kunne endre bildet betydelig.

## (3) Andre kostnadsbesparelser

Trafikanten vurderer andre typer besparelser til 50 kroner (20% av besparelsen), det vil si  $A=11000$  kroner på årsbasis.

Som en forenkling ser vi bort fra realprisendringer på disse kostnadstypene; det vil si at vi antar at prisutviklingen stort sett forventes å følge utviklingen i konsumprisindeksen. Det betyr at forventet nåverdi er

$$A/r=11000/0.05=220000.$$

----

Anta at ÅDT (årsdøgnetrafikken) i første driftsår forventes å være  $N=1000$  trafikanter. Alle trafikanter antas for enkelthets skyld å være identiske, slik at den samlede gevinsten første driftsår er 55 millioner kroner. Trafikkveksten antas å være  $g_N=0.01$ , det vil si 1% per år. Den totale nåverdien av de tre gevinstkomponentene kan nå beregnes med utgangspunkt i følgende formler:

$$\text{Tidsbesparelser: } NT/(r - g_T - g_N)$$

$$\text{Drivstoffbesparelser: } ND/(r - g_D - g_N)$$

$$\text{Andre besparelser: } NA/(r - g_N)$$

Disse nåverdiene og er tallfestet i tabell 1. Det går klart fram at gevinstene undervurderes dramatisk dersom realprisveksten på tid og drivstoff ikke tas inn i analysen. Vi ser at gevinsten øker med 26.7% dersom reallønn og realpris på drivstoff vokser med 1% per år, sammenliknet med en situasjon hvor begge disse realprisene er konstante. Vokser begge med 2%, blåses gevinstene opp med 80%.

Trafikkveksten betyr selvfølgelig også mye for resultatet – og da slik at jo høyere trafikkvekst, jo mer betyr også realprisveksten (ikke illustrert i tabellen, hvor trafikkveksten er den samme i alle scenariene).

### Kostnader

Vi ser bort fra investeringskostnadene, men tenker oss at de, som alt annet, er vurdert til realprisene på gjennomføringstidspunktet i basisårets kroneverdi. Når vi skal vurdere drifts- og vedlikeholdskostnadene derimot, må vi ha et fremadskuende perspektiv. Da er det klart at

**Tabell 1. Gevinster**

	$g_T=g_D=0$	$g_T=g_D=0.01$	$g_T=g_D=0.02$
Tidsbesparelser $1000 \times 33000 / (r - g_T - g_N)$	825000 tusen	1100000 tusen	1650000 tusen
Drivstoffbesparelser $1000 \times 11000 / (r - g_D - g_N)$	275000 tusen	3666667 tusen	550000 tusen
Andre besparelser $1000 \times 11000 / (r - g_N)$	275000 tusen	275000 tusen	275000 tusen
Samlet gevinst	1375000 tusen	1741667 tusen (26.7% opp)	2475000 tusen (80% opp)

reallønnsvekst også impliserer reallønnskostnadsvekst, med mindre arbeidskraftsproduktiviteten øker like raskt som reallønnsveksten. Tilsvarende resonnerer gjelder konsekvensene av andre typer realprisendringer, for eksempel drivstoffprisendringer.

Men når det gjelder prosjekter av den typen som omtales her, som typisk krever store investeringer før de kan tas i bruk, og relativt små drifts- og vedlikeholdskostnader (sammenliknet med de årlige gevinstene), synes det ganske klart at realprisvekstens betydning er langt lavere på kostnadssiden enn på gevinstsiden.

Anta for eksempel at drifts- og vedlikeholdskostnadene i første driftsår utgjør 20% av den samlede gevinsten for brukerne, det vil si  $V=0.2 \times 55000$  tusen, 11000 tusen – eller 11 millioner. Anta i tillegg at disse kostnadene har samme sammensetning som brukernes besparelser (60% tid – det vil si bruk av arbeidskraft, 20% drivstoff og 20% andre innsatsfaktorer). Fordelingen av kostnadene i første driftsår er dermed 6600 tusen på arbeidskraft, 2200 tusen på drivstoff og 2200 tusen på andre innsatsfaktorer.

Vi gjør videre for enkelthets skyld følgende forutsetninger om realkostnadsutviklingen:

Drifts- og vedlikeholdskostnader er i stor utstrekning faste kostnader, uavhengig av antall brukere, men med islett av brukeravhengighet. For enkelthets skyld antar vi at (den lille) økningen i kostnadene som følger av økningen i antall brukere, er nøyaktig så stor at den spiser opp produktivitetsveksten slik at kostnadene i utgangspunktet vokser nøyaktig i takt med innsatsfaktorenes realpriser. I tillegg antar vi at drifts- vedlikeholdskostnadene vokser med  $g_v=0.01$ , det vil si 1% per år som følge av at prosjektet eldes.

Disse forutsetningene impliserer at den prosentvise årlige veksten for drifts- og vedlikeholdskostnadene er akkurat den samme som for brukernes besparelser. Følgelig øker (den positive) forskjellen mellom gevinster og kostnader over tid.

Nåverdien av kostnadene er beregnet i tabell 2 og prosjektets netto nåverdi fra og med første driftsår, diskontert ned til basisåret, er gjengitt i tabell 3. Første driftsår er som nevnt ett år etter basisåret<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> Formlene bygger for enkelthets skyld på at prosjektet har en uendelig tidshorisont, noe som gjør at både nåverdien av gevinster og kostnader, samt nettogevinst overdrives noe. Hvis realrenten er 5% og reallønnsveksten for eksempel er 1%, overvurderes verdien av tidsbesparelsen i tabell 1 med 30% dersom prosjekthorisonten er 50 år (18.7% opp i stedet for 26.7) og 13% hvis horisonten er 75 år (69.7% opp i stedet for 80).

**Tabell 2. Kostnader**

	$g_T=g_D=0$	$g_T=g_D=0.01$	$g_T=g_D=0.02$
Arbeidskraft $6600/r-g_T-g_V$	165000 tusen	220000 tusen	330000 tusen
Drivstoff $2200/r-g_D-g_V$	55000 tusen	73333 tusen	220000 tusen
Andre kostnader $2200/r-g_V$	55000 tusen	55000 tusen	55000 tusen
Samlet kostnad	275000 tusen	348333 tusen (26.7% opp)	498000 tusen (80% opp)

**Tabell 3. Nettogevinst**

	$g_T=g_D=0$	$g_T=g_D=0.01$	$g_T=g_D=0.02$
Samlet gevinst	1375000 tusen	1741667 tusen	2475000 tusen
Samlet kostnad	275000 tusen	348333 tusen	495000 tusen
Netto nåverdi (eksklusive investeringskostnad)	1100000 tusen	1393334 tusen (26.7% opp)	1980000 tusen (80% opp)

Vi ser at realprisveksten bidrar til å blåse opp både kostnader og gevinster, men som påpekt ovenfor, i langsiktige samferdselsprosjekter med store investeringer tidlig i prosjektets levetid og relativt lave drifts- og vedlikeholdskostnader, vil den samfunnsøkonomiske verdien være høyere jo høyere realprisveksten på tid og drivstoff forventes å bli.

Om prosjektet er samfunnsøkonomisk lønnsomt eller ikke, avhenger selvfølgelig av nivået på investeringskostnaden.

#### Ikke prissatte effekter

Det er selvfølgelig ikke bare gevinster og kostnader som kvantifiseres med utgangspunkt i markedspriser, som kan få sin realverdi endret over tid. Ta utgangspunkt i et prosjekt som bidrar til lavere støyproblemer og lavere ulykkesfrekvens (og følgelig færre alvorlige skader og tapte menneskeliv). Gitt at velstanden i Norge fortsetter å øke, synes det rimelig å anta at befolkningens verdsetting av slike forbedringer vil vokse raskere enn konsumvareprisene over tid.

## Mer om verdsetting av tidsbesparelser

I eksemplet ovenfor antok vi at trafikantene sparte tid på arbeidsreiser, altså kjøring mellom hjem og arbeidssted. De anvendte all spart tid som fritid, verdsatt med utgangspunkt i en nettolønn på 200 kroner per time. Mange vil imidlertid bruke noe av tidsbesparelsen på å jobbe mer enn tidligere. Den samfunnsøkonomiske verdien av arbeidstid er mye høyere enn verdien av fritid. Det korrekte er å bruke verdien av arbeidskraftens grenseprodukt, det vil si markedets betalingsvilje for den vare- eller tjenestemengden trafikanten kan forventes å produsere i den ekstra arbeidstiden. Trafikanten i eksemplet har en netto timelønn på 200 kroner. Med en inntektsskatt på 25%, en arbeidsgiveravgift på 14.1% og en merverdiavgift på 25%, svarer dette til en verdiskapning på 380 kroner per time (forutsatt at fortjenestemarginen er neglisjerbar). Av dette beløpet går 180 kroner inn i statskassen. Gitt at en skattekrone er verdt 20% mer enn en privat krone, er den samfunnsøkonomiske verdien av disse (ekstra) skattekronene 216 kroner. Dermed er den samfunnsøkonomiske verdien av en ekstra arbeidstime  $200+216=416$  kroner.

Hvis nå den representative trafikanten velger å bruke halvparten av tidsbesparelsen på fritid og halvparten på jobben, vil verdien av tidsbesparelsen øke fra de 150 som er brukt i eksemplet, til  $0.5 \times 150 + 0.5 \times 312 = 231$ , det vil si en betydelig økning – på 54%.

Om tidsbesparelsen skjer i arbeidstiden, øker den tiden trafikanten kan bruke i direkte produksjon (forutsatt at han ikke bidrar til produksjon mens han reiser). Dermed skal tidsbesparelsen i utgangspunktet, i sin helhet, vurderes på samme måte som den delen av tidsbesparelsen trafikanten ovenfor valgte å anvende på jobben, det vil si verdien av arbeidskraftens grenseprodukt, 380 kroner per time. Etter at merverdiavgift på 25% er betalt, sitter bedriften igjen med et bidrag til overskuddet på 304 kroner, hvorav 28% må betales i overskuddsskatt, 85 kroner. Bedriften sitter altså igjen med 219 kroner, samtidig som 161 kroner går til statskassen, hvor verdien er 20% høyere, altså 193. En time spart tid i arbeidsreiser har dermed en samfunnsøkonomisk verdi på  $219+193=412$ . En besparelse på 45 minutter har dermed verdien 309 kroner.

Vi er litt usikre på om man i samferdselsprosjekter systematisk foretar slike beregninger, og om de er detaljert nok.

Merk at det her er store avvik mellom brukernes egen verdsetting av tidsbesparelsen og samfunnets verdsetting (som her er basert på samme prinsipper som anbefalingene i Finansdepartementets Veileder i samfunnsøkonomiske analyser). Hvis brukerne ble spurt om betalingsvillighet, og svarte ærlig, ville trafikanten vi startet ut med svare 150 kroner

(nettolønn i 45 minutter), mens bedriftslederen ville svare 164 kroner (bidrag til netto overskudd knyttet til en arbeiders produktiv innsats i 45 minutter).

### **Sysselsettingseffekter (i fravær av agglomerasjonsgevinster)**

Handteringen av økt arbeidstid som følger av tidsbesparelser blant trafikanter som er i jobb, er det gjort rede for ovenfor. Det kan imidlertid også godt tenkes at antall personer som er i jobb, øker som følge av at prosjektet vi analyserer blir gjennomført. Det kan være to forskjellige årsaker til dette, en på etterspørselssiden og en på tilbudssiden.

#### Etterspørselssiden

Det synes rimelig å anta at bedre kommunikasjoner vil kunne bidra til økt lønnsomhet (jfr. verdien av redusert tid brukt på reiser i arbeidstiden) og dermed økt etterspørsel etter arbeidskraft i deler av næringslivet. I en økonomi preget av sterk konkurranse med full sysselsetting, vil dette i hovedsak bidra til at arbeidskraft trekkes ut av annen sysselsetting, slik at det realiseres en (liten?) overflyttingsgevinst, som høyst sannsynlig vil være av midlertidig karakter.

Men i den grad det finnes arbeidsledige og disse trekkes inn i produksjon, vil den samfunnsøkonomiske gevinsten være betydelig – selv om ikke den arbeidsledige selv nødvendigvis opplever det slik.

Med utgangspunkt i eksemplet ovenfor, med en netto timelønn på 200 kroner, vil netto årslønn være om lag 330000. Men de skattesatsene om ble brukt ovenfor, betyr det en verdi av arbeidskraftens grenseprodukt på om lag 627500 kroner, hvorav 297500 går inn i statskassen og har en verdi på 357000 (etter en 20% oppjustering). Hvis vi tenker oss at nettolønna til den som går ut i jobb, akkurat dekker vedkommendes opplevde kostnad knyttet til å begynne å jobbe, vil gevinsten for samfunnet nettopp være verdien av de ekstra skatteinntektene, altså 357000 kroner. Med en realrente på 5% og en reallønnsvekst på 1%, er nåverdien  $357000/0.05-0.01=8925000$  kroner, nesten 9 millioner. Med en reallønnsvekst på 2% får vi nesten 12 millioner.

Hvis den som går ut i jobb i utgangspunktet er stønadsmottaker fra det offentlige, oppstår en tilleggsgevinst lik 20% av besparelsen for statskassen. Og hvis vedkommende er ufrivillig arbeidsledig, er det grunn til å regne med at han selv opplever en subjektiv gevinst ved å gå ut i jobb. Denne gevinsten bør også telle med som en gevinst for samfunnet.

## Tilbudssiden

Verdien av et årsverk beregnet ovenfor, må tolkes som at prosjektet bidrar til en permanent, evigvarende reduksjon i arbeidsledigheten/økning i yrkesdeltakelsen med ett årsverk. Mange tviler på at rene etterspørselseffekter i arbeidsmarkedet kan ha slike effekter av betydning.

Bedre kommunikasjoner kan imidlertid bidra til at det blir enklere og/eller billigere for tidligere yrkespassive å gå ut i jobb, og dermed føre til en permanent økning i landets samlede arbeidsstyrke. I utkantstrøk kan for eksempel en ny veg bidra til å muliggjøre dagpendling i en situasjon hvor ukependling eller flytting har vært en betingelse for yrkesdeltakelse i utgangspunktet. Også i byer og tettbygde strøk kan forbedrede kommunikasjonssystemer bidra til at yrkespassive motiveres til å gå ut i jobb. Som det fremgår av tallene ovenfor, vil den samfunnsøkonomiske gevinsten kunne være betydelig.

Vårt inntrykk er at man i samferdselssektoren ikke gjør noe forsøk på å kartlegge og verdsette slike effekter.

## **Brukerbetaling (bomavgifter): En advarsel**

I en økonomi hvor store deler av samferdselsinvesteringene finansieres over skatteseddelen, gjennom vridende beskatning, er det fornuftig å kreve at brukerne betaler for bruken - og at prisen blir satt høyere enn marginalkostnaden (den kostnaden den enkelte trafikant forårsaker). Som prinsipp kan vi si at brukerprisen bør settes slik at effektivitetstapet knyttet til siste krone innkrevd gjennom brukerbetaling, skal være lik effektivitetstapet knyttet til siste krone krevd inn gjennom det ordinære skattesystemet – som altså er 20 øre. I en slik situasjon er fordelingen av kostnadene på skattebetalere og brukere optimal i samfunnsøkonomisk forstand.

I eksemplet vi brukte ovenfor, var besparelsen for den enkelte trafikanten 250 kroner per dag. I den grad han må betale bomavgift, reduseres gevinsten hans krone for krone. Settes bomavgiften høyere enn 250 kroner, har trafikanten insentiv til å fortsette å bruke den tidligere kjøreruten, eller la være å kjøre. Vårt inntrykk er at bomavgiftene i enkelte prosjekter settes så høyt at brukerne netto taper på å bruke dem. Derfor innføres bomavgifter på den tidligere kjøreruten (og eventuelt andre konkurrerende ruter) også – eller den/de stenges for

gjennomkjøring. En slik politikk kan ikke forsvares i samfunnsøkonomisk forstand; den samfunnsøkonomiske verdien av slike prosjekter vil sannsynligvis være negativ<sup>15</sup>.

Det er også klart at høye bomavgifter vil bidra til å redusere positive effekter knyttet til økt lønnsomhet i næringslivet og økt yrkesaktivitet. Brukerne har glede av et prosjekt utelukkende i den grad den generaliserte reisekostnaden går ned, og i denne inngår selvfølgelig eventuell brukerbetaling

### **Fordelingseffekter**

Nivået på brukerbetalingen fordeler prosjektkostnadene mellom brukere og skattebetalere. Jo mer brukerne selv betaler, jo lavere vil deres nettogevinst være og jo lavere er kostnaden for skattebetalerne. Andre fordelingshensyn inkluderes vanligvis ikke i selve prosjektanalysen, men kommenteres og illustreres uten forsøk på kvantifisering.

Det er viktig å være klar over at når tidsbesparelser verdsettes med utgangspunkt i brukernes lønnsnivå, så vil et prosjekt som kommer høytlønte til gode – alt annet likt – ha høyere nåverdi enn et prosjekt som kommer lavtlønte til gode. Så hvis prosjekter rangeres med utgangspunkt i nåverdiberegningene alene, vil dette lett kunne føre til skjev inntektsfordeling i samfunnet.

Hvis man kjenner brukernes inntektsnivå, er det fullt mulig å lage fordelingsvekter hvor fordelingseffektene kvantifiseres på en slik måte at de kan brukes til å korrigere for slike uheldige konsekvenser. En mulig innfallsvinkel er følgende: Anta at trafikanten i eksemplet ovenfor, som sparer 250 kroner per dag dersom det aktuelle prosjektet gjennomføres, har et inntektsnivå på  $w$  kroner per år. Gjennomsnittlig inntektsnivå i økonomien er  $w^*$  kroner. Man kan da tenke seg å verdsette trafikantens gevinst på 250 kroner med utgangspunkt i hvordan hans inntektsnivå er, sammenliknet med gjennomsnittsinntekten. Under visse forutsetninger kan vi utlede fordelingsvekter av følgende type,  $d=(w^*/w)^\gamma$ , hvor  $\gamma$  er grensenytteelastisiteten, som her fungerer som en aversjon mot inntektsulikhet.

Vi ser at hvis trafikantens inntektsnivå ligger på landsgjennomsnittet, vil  $d=1$ , uansett nivå på  $\gamma$ . Det vil si at en kroners gevinst for ham, skal ha en verdi på 1 slik at tallet 250 vil være det riktige å bruke i analysen. Hvis trafikantens inntektsnivå er lavere enn landsgjennomsnittet, vil  $d$  være større enn 1, slik at det relevante tallet vil være større enn 250.

---

<sup>15</sup> Et lite forbehold: Hvis bomavgiften er ment å skulle være midlertidig, kan høye satser sees på som en særskatt på brukerne de første årene, til fordel for brukerne senere i prosjektperioden – når bomavgiften reduseres eller fjernes.



Hvis for eksempel grensenytteelastisiteten er 1 og trafikantens inntektsnivå utgjør 80% av gjennomsnittsinntekten, vil  $d=1/0.8=1.25$ , noe som betyr at samfunnets verdsetting av en kroners gevinst for ham er 25% høyere enn verdsettingen av en kroners gevinst for en trafikant som har et inntektsnivå på landsgjennomsnittet. Det betyr at tallet 250 øker til 312.5 kroner. Dette er nå samfunnets verdsetting av hans gevinst på 250 kroner. Følgelig øker også nåverdien av prosjektet. Hvis grensenytteelastisiteten er høyere, vil også det relevante tallet være høyere. Hvis for eksempel  $\gamma=2$ , vil verdien av en gevinst på 250 kroner være 390.5.

Hvis trafikantens inntekt er høyere enn landsgjennomsnittet, vil vekten  $d$  være mindre enn 1 og samfunnets verdsetting av hans gevinst på 250 kroner vil være lavere enn 250. Hvis grensenytteelastisiteten er 0, er vi tilbake til utgangspunktet, hvor en krone i gevinst eller tap i privat sektor har en verdi lik 1, uansett inntektsnivået til den som tjener eller taper. Det betyr at med denne innfallsvinkelen kan man ved å la grensenytteelastisiteten variere fra 0 til 1 og 2, illustrere hvordan ulike preferanser med hensyn til inntektsutjevning påvirker prosjektverdien.

Hvis man velger en slik innfallsvinkel, ligger det i kortene at eventuell brukerpris vil være lavere jo lavere inntektsgrunnlag brukerne har i utgangspunktet. Det kan selvfølgelig være krevende å beregne slike fordelingsvekter i detalj i enkeltprosjekter, men på regionalt nivå, vil det være relativt enkelt – så lenge man kjenner eventuelle systematiske forskjeller i inntektsnivå mellom regioner.

## 6. Lønnsomhetskriterier for investeringer under usikkerhet med spesiell vekt på langsiktige prosjekter

### Del I: Avkastningskrav og diskonteringsrente

Kapital er en knapp produksjonsfaktor med konkurrerende anvendelser. Når et offentlig prosjekt krever kapitalinvesteringer, kan de dekkes opp på flere måter. Det kan skje ved en reduksjon i investeringene i privat sektor. Den samfunnsøkonomiske kostnaden ved dette er avkastningen på de investeringer som må vike for det offentlige prosjektet. Kapitalen kan skaffes til veie ved økt innenlandsk sparing. Kostnaden ved dette er den avkastning som sparerne må ha for å være villig til å avstå fra konsum til fordel for sparing og investering. Det kan også lånes i utlandet til investeringer innenlands. Den samfunnsøkonomiske kostnaden ved låneopptak er lånerenten justert for eventuelle kursendringer for den valutaen som det lånes i.

Innenlandske investeringer og sparing vil i en markedsøkonomi være avhengig av markedsrenten. I en åpen økonomi som den norske med tilgang til et fritt internasjonalt kapitalmarked er det rimelig å anta at markedsrenten vil være upåvirket av hvordan prosjektet blir finansiert. Dersom privat sparing og investeringer i privat sektor ikke påvirkes av prosjektets finansiering, betyr det at prosjektet må finansieres ved kapitalimport. Lånerenten i det internasjonale kapitalmarkedet blir dermed kostnaden ved å investere kapital i prosjektet. For at prosjektet skal være samfunnsøkonomisk lønnsomt, må avkastningen minst være like stor som kapitalkostnaden gitt ved den internasjonale markedsrenten. Markedsrenten blir på denne måten avkastningskravet til prosjektet. Diskonteringsrenten gitt ved avkastningskravet blir da alternativkostnaden ved å binde kapital i prosjektet.

Lønnsomheten av prosjekter som har viss varighet ved at de strekker seg utover mer enn ett år, måles enten ved dets gjennomsnittlige kapitalavkastning (internrente), eller ved dets nåverdi. Prosjektet er lønnsomt dersom den gjennomsnittlige kapitalavkastningen er minst like stor som kapitalens alternativavkastning, eller alternativt hvis dets nåverdi er positiv. Dette er normalt ekvivalente lønnsomhetsmål ved at nåverdien er positiv om internrenten er større enn alternativavkastningen, og vise versa.

Om vi lar  $K_0$  være en engangsinvestering på tidspunkt 0, og antar at prosjektet genererer netto overskudd  $X_t$  på tidspunkt  $t$ , prosjektets levetid er  $T$  perioder, og diskonteringsrenten (alternativavkastningen) over prosjektets levetid er konstant og lik  $r$ , og at alle fremtidige størrelser er kjent med sikkerhet, er nåverdien gitt ved

$$NV = -K_0 + \frac{X_1}{(1+r)} + \frac{X_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{X_T}{(1+r)^T}$$

Vi kan oppsummere følgende:

- En eventuell restverdi (utrangeringsverdi) av prosjektet på tidspunkt T anses som inkludert i prosjektoverskuddet på tidspunkt T
- Internrenten er definert ved den diskonteringsrente som gir nåverdi lik null.
- Nåverdien er normalt en fallende funksjon av diskonteringsrenten. Jo høyere diskonteringsrente, jo lavere nåverdi.
- Hvis internrenten er  $r^*$  og diskonteringsrenten  $r$ , vil nåverdien være positiv dersom  $r^* > r$ . Diskonteringsrenten blir dermed avkastningskravet.
- Alternativavkastningen kan variere over tid. Hvis diskonteringsrenten på tidspunkt  $t$  er  $r_t$ , blir diskonteringsfaktoren

$$\frac{1}{(1+r_1)(1+r_2)^2 \dots (1+r_t)^t} \quad \text{i stedet for} \quad \frac{1}{(1+r)^t} \quad \text{i tilfellet med konstant}$$

diskonteringsrente over tid. Med varierende diskonteringsrente over tid kan vi definere

$$\text{gjennomsnittlig diskonteringsrente } \bar{r} \text{ ved } \frac{1}{(1+r_1)(1+r_2)^2 \dots (1+r_t)^t} = \frac{1}{(1+\bar{r})^t} \text{ der } \bar{r} \text{ er gitt}$$

ved det geometriske gjennomsnittet av rentefaktorene minus en, dvs

$$\bar{r} = \left( (1+r_1)(1+r_2)^2 \dots (1+r_t)^t \right)^{\frac{1}{t}} - 1$$

Om f. eks.  $r_1 = 0,02$ ,  $r_2 = 0,10$ ,  $r_3 = 0,15$ , ha vi  $\hat{r} = (1,02 \cdot 1,10 \cdot 1,15)^{1/3} - 1 = 8,87\%$  mens gjennomsnittlig rente er 9%.

En tidsavhengig diskonteringsrente betyr at en på investeringstidspunktet vet med sikkerhet hvordan alternativavkastningen for kapitalen som bindes i prosjektet vil variere over tid, for eksempel at den vil avta.

## Prosjektrisiko og avkastningskrav

Lønnsomheten av investeringer som avhenger av forhold i fremtiden, vil være beheftet med økonomisk risiko; det gjelder spesielt langsiktige investeringer. Spørsmålet er da hvordan en skal ta høyde for denne usikkerheten i investeringskalkylen.

Det er i prinsippet to måter å gjøre dette på. Den ene er å ta høyde for risiko ved å risikojustere overskuddene og så diskontere disse ned med den risikofrie renten. De risikojusterte overskuddene er det vanlig å kalle for sikkerhetsekvivalente overskudd. Dersom den som eier prosjektet som det investeres i (i dette tilfellet samfunnet), har aversjon mot å bære risiko, vil det sikkerhetsekvivalente overskuddet være lavere enn forventet overskudd. Det betyr at det sikkerhetsekvivalente beløpet til en usikker inntekt vil være lavere enn forventningsverdien. Dersom forventet inntekt for eksempel er 1000, kan beslutningstakeren anse at å få 950 med sikkerhet er en like god "deal". Beløpet 950 blir dermed sikkerhetsekvivalenten til den usikre inntekten med forventningsverdi på 1000. Differansen på 50 kan tolkes som forventningsverdien av det ekstrabeløpet som en vil kreve for å velge den usikre inntekten fremfor det sikre beløpet. Dette blir kalt for risikopremien. Omvendt vil en sikkerhetsekvivalent kostnad i tilfellet med risikoaversjon være høyere enn forventningsverdien til kostnaden. En kan for eksempel være villig til å betale 1015 med sikkerhet fremfor å bære risikoen knyttet til en usikker kostnad med en forventningsverdi på 1000. Differansen her er forventningsverdien av det som en er villig til å betale i forsikring for å bli kvitt kostnadsrisikoen. De sikkerhetsekvivalente verdiene for usikre inntekter og kostnader vil selvsagt avhenge av den faktiske spredningen rundt forventningsverdiene.

Den andre måten å ta hensyn til risiko på er å risikojustere diskonteringsrenten og så diskontere ned forventede overskudd. Med aversjon mot å bære risiko blir den risikojusterte renten høyere enn den risikofrie renten. Differansen uttrykker den forventede meravkastning en må ha utover den risikofrie renten for å være villig til å bære den risikoen som hefter ved investeringens lønnsomhet. Når det gjelder neddiskontering av en fremtidig usikker netto kostnad, blir spørsmålet hvor mye diskonteringsrenten må reduseres for at forventet kostnad diskontert med risikojustert rente skal være lik sikkerhetsekvivalent kostnad neddiskontert med den risikofrie renten. Dersom en skulle benytte risikojustert rente bestående av en risikofri rente pluss et risikotillegg for neddiskontering av en fremtidig netto kostnad, ville en få det paradoksale resultatet at jo større kostnadsrisikoen er, jo mindre betydning ville kostnaden få for lønnsomheten av prosjektet.

Risikojustering ved sikkerhetsekivalente prosjektoverskudd eller risikojusterte diskonteringsrenter er i prinsippet ekvivalente måter å justere for risiko på slik at den ene kan avledes fra den andre. Dette betyr at  $\frac{S(X)}{1+r} = \frac{E(X)}{1+\hat{r}}$  der  $E(X)$ <sup>16</sup> og  $S(X)$  er hhv forventningsverdien og det sikkerhetsekivalente beløpet svarende til det usikre beløpet  $X$ , og  $r$  og  $\hat{r}$  er hhv den risikofrie og risikojusterte (sikkerhetsekivalente) diskonteringsrenten. Dette fører til en nedjustering av forventet nåverdi av en usikker inntekt og en oppjustering av forventet nåverdi av en usikker kostnad.

Under forutsetning om risikoaversjon følger det av forholdet mellom forventningsverdi og sikkerhetsekivalent verdi at forventningsverdien til en usikker inntekt må diskonteres med en rente som er høyere enn den risikofrie renten, mens en usikker kostnad bør diskonteres med en rente som er lavere enn den risikofrie renten. For å illustrere dette la oss ta eksemplet foran med en inntekt med forventningsverdi 1000 og sikkerhetsekivalent verdi lik 950, der vi tenker oss at inntekten realiseres etter ett år. Dersom den risikofrie diskonteringsrenten er 2%, vil den risikojusterte renten være gitt ved  $\frac{950}{1,02} = \frac{1000}{1+\hat{r}}$  som gir  $\hat{r} = 7,37\%$ . Dette innebærer en risikopremie på 5,37%. For en kostnad med forventningsverdi 1000 og sikkerhetsekivalent verdi 1015 får vi  $\frac{1015}{1,02} = \frac{1000}{1+\hat{r}}$  som gir  $\hat{r} = 0,5\%$ .

Finansmarkedene priser risiko i form av et risikotillegg til den risikofrie renten. Av den grunn kan det være hensiktsmessig å foreta risikojusteringen i kapital-avkastningskravet i samfunnsøkonomiske lønnsomhetskalkyler. På denne måten kan en legge markedets prising av risiko til grunn for justering av det samfunnsøkonomiske avkastningskravet for prosjekter med samme risikoprofil. Det gjelder da å identifisere en investering i markedet som har samme risikoprofil som den investeringen som gjøres til gjenstand for en samfunnsøkonomisk lønnsomhetskalkyle.

### **Systematisk og usystematisk risiko**

Fra porteføljeteorien har vi lært at man kan ikke se på risikoen til en enkeltstående investering isolert. Den relevante risikoen er gitt ved det bidraget som investeringen gir til beslutningstakerens samlede risikoeksponering. Risikoen til en investering vil dermed avhenge av det aktuelle analysenivået da dette er bestemmende for den totalporteføljen som

---

<sup>16</sup> Symbolet E blir i dette notatet brukt om forventningsverdier.

investeringen inngår i. Det kan være investeringsporteføljen for en bedrift, en offentlig etat eller hele sektoren, en næring, eller for nasjonen som helhet.

I den sammenheng skiller vi mellom såkalt systematisk og usystematisk risiko. Usystematisk risiko er prosjektspesifikk og er ukorrelert med risikoen knyttet til de andre investeringene i porteføljen. Den har en tendens til å bli ”vasket bort” i totalporteføljen som følge av de store talls lov. Systematisk risiko er knyttet til risikofaktorer som i varierende grad er felles for alle investeringer i porteføljen. Eksempler på usystematiske risikofaktorer for transportsektoren kan være geologiske forhold for tunneldriving, vanskelige værforhold ved installering av navigasjonsinnretninger langs kysten, og lignende. Eksempler på systematisk risiko er risiko for konjunktursituasjonen som kan ha betydning for innenlandsk pris- og lønnsnivå, og kronekursen som vil ha betydning for importkostnader.

Finansmarkedet priser risiko ved et tillegg i avkastningskravet. Prosjektets risikoprofil er gitt ved dets bidrag til risikoen knyttet til totalporteføljen. Sammenhengen mellom prosjektets risikoprofil og risikoprofilen til totalporteføljen blir vanligvis referert til som prosjektets beta-verdi<sup>17</sup> ( $\beta$ ). I en direkte analogi med prisingen av risiko i finansmarkedene kan det risikojusterte avkastningskravet til en investering  $k$  uttrykkes som

$$(1) \quad \hat{r}_k = r + \beta_k (E(R_M) - r)$$

der  $R_M$  er den usikre avkastningen på markedsporteføljen (totalporteføljen) bestående av alle finansaktiva i markedet, og  $\beta_k$  er investeringens risikoprofil som gitt ved kovariansen med avkastningen på totalporteføljen. Uttrykket  $E(R_M) - r$  er forventet meravkastning som markedet krever for å være villig til å bære risikoen knyttet til markedsporteføljen, og  $r$  er den risikofrie renten. Kravet til forventet meravkastning blir vanligvis referert til som markedets risikopremie. Dersom  $\beta_k = 1$ , har investeringen samme risikoprofil som markedsporteføljen og risikojustert avkastningskrav er gitt ved avkastningen til markedsporteføljen. Dersom  $\beta_k = 0$ , er investeringen å anse som risikofri og avkastningskravet er gitt ved den sikre renten. I det tilfellet at  $\beta_k < 0$ , bidrar investeringen til å redusere totalrisikoen, og har dermed en forsikringsfunksjon i tillegg til at den bidrar til forventet overskudd. Dermed blir det risikojusterte avkastningskravet lavere enn den risikofrie renten.

---

<sup>17</sup> Beta-verdien er gitt ved prosjektets kovarians med porteføljeavkastningen dividert med variansen til porteføljeavkastningen.

Det er en tillempling av denne markedsmodellen for prising av risiko som er lagt til grunn for beregning av risikojusterte samfunnsøkonomiske diskonteringsrenter for offentlige investeringer. I en samfunnsøkonomisk analyse må avkastningen på markedsporteføljen justeres slik at den viser den samfunnsøkonomiske avkastningen<sup>18</sup>, og risikoprofilen på markedsporteføljen må antas å være representativ for risikoprofilen til samfunnets investeringsportefølje, som det i denne sammenheng er naturlig å definere som landets samlede formue (nasjonalformuen). Dersom vi antar en risikofri realrente lik 2% og en risikopremie lik 4%, vil realavkastningskravet til en investering med beta-verdi lik 1 være 6%, og 5% for en investering med beta-verdi lik 0,75.

Noen typer prosjekter kan ha negativt målbart forventet prosjektoverskudd. Det kan være prosjekter der det er vanskelig å måle inntektene fullt ut ved at de for en stor del er av ikke-pekuniær art, for eksempel ved at de genererer fellesgoder. Det vil også kunne være tilfelle for mange typer infrastrukturinvesteringer der nytten avleirer seg som økt lønnsomhet i virksomhet som har fordel av infrastrukturinvesteringer. Dersom investeringskostnadene er motsykliske, dvs de er høye i nedgangstider og vise versa, vil de bidra til å øke variansen til totalporteføljen avkastning. Prosjektet bidrar til økt samfunnsøkonomisk risikoeksponering, og sikkerhetsekvivalent prosjektkostnad bør derfor være høyere enn forventet kostnad. Ved en risikojustert diskonteringsrente vil en ta høyde for dette ved å benytte en diskonteringsrente som er lavere enn den risikofrie renten slik at risikojustert nåverdi av forventet kostnad blir lik neddiskontert nåverdi av sikkerhetsekvivalent kostnad<sup>19</sup>. Om prosjektkostnaden er medsyklisk ved at den er positivt korrelert med porteføljeoverskuddet eksklusive prosjektet, noe som innebærer at kostnaden er høy når verdiskapingen ellers er høy og omvendt, vil risikoen til totalporteføljen inklusive prosjektet reduseres om den negative korrelasjonen er tilstrekkelig sterk<sup>20</sup>. Det betyr at sikkerhetsekvivalent kostnad er lavere en forventet kostnad og ved risikojustert diskonteringsrente kan en i nytte-kostnad analyse ta høyde for det ved å benytte

---

<sup>18</sup> Den kapitalavkastningen som prises på børsen, er selskapenes overskudd til eierne etter selskapsskatt, mens selskapets samfunnsøkonomiske avkastning er selskapenes brutto overskudd før nasjonal selskapsskatt.

<sup>19</sup> Jf diskusjonen om forholdet mellom sikkerhetsekvivalent og forventet kostnad på side 4.

<sup>20</sup> Kapitalmarkedsteorien som ligger til grunn for det risikojusterte avkastningskravet gitt ved (1) forutsetter at porteføljen er perfekt diversifisert som betyr at usystematisk risiko (egenrisiko) elimineres og at den systematiske risikoen bestemt ved kovariansen mellom den usikre kostnaden og overskuddet i totalporteføljen for øvrig.

en risikojustert diskonteringsrente for forventet kostnad som er høyere enn den risikofrie renten.

### **Avkastningskrav for langsiktige investeringer**

Fordelen med et risikojustert kapitalavkastningskrav er at en kan basere seg på prising av risiko i finansielle markeder og så legge det til grunn i samfunnsøkonomiske analyser av prosjekter med tilsvarende risikoprofil. De mest langsiktige finansielle instrumenter som er gjenstand for handel, har en løpetid på om lag 30 år. Det betyr at finansmarkedene gir begrenset informasjon om håndtering av risiko for langsiktige prosjekter som har en levetid på mer enn 30 år. Det vil spesielt gjelde for mange infrastrukturinvesteringer innenfor samferdsel som for eksempel jernbanespor og investeringer knyttet til seilingsleder og havneinstallasjoner. For slike investeringer må en ty til andre kilder for evaluering av de økonomiske konsekvensene av prosjektrisiko.

Her er det særlig to typer av risiko som vil være relevant. Den ene typen kan vil kalle konsumrisiko og den andre for renterisiko. Generelt vil samfunnsøkonomisk lønnsomme prosjekter være karakterisert ved at de bidrar positivt til fremtidig velferd. Verdien av dette bidraget vil normalt avhenge av den økonomiske situasjonen for dem som i fremtiden drar fordel av prosjektets ytelser. Velferdseffekten av dette bidraget vil være større i situasjoner der den fremtidige realøkonomiske situasjonen betinger et lavere konsumnivå sammenlignet med en situasjon der konsum- og velstandsnivået er høyt. Det betyr at det vil være usikkerhet omkring prosjektets fremtidige nyttebidrag i og med at det vil være avledet av usikkerheten om den fremtidige realøkonomiske situasjonen.

Den andre usikkerheten vil være knyttet til fremtidig alternativavkastning for den kapital som bindes i prosjektet. I investeringskalkylen vil dette manifestere seg som usikkerhet mht til fremtidige diskonteringsrenter for langsiktige prosjekter. Hvis vi forutsetter risikonøytralitet ved at det er forventede overskudd som skal diskonteres ned med en form for sikkerhetsekvivalent rente, blir problemstillingen i dette tilfellet å avdekke hvordan den sikkerhetsekvivalente diskonteringsrenten er relatert til den usikre alternativavkastningen gitt ved de fremtidige spotrentene.

Generelt gjelder det at for kostnads- og inntektskomponenter som ligger langt frem i tid, blir nåverdier basert på en konstant diskonteringsrente til realistiske satser (såkalt eksponensiell diskontering) så ubetydelige, at de vil ha liten eller ingen virkning på lønnsomheten av prosjektet uttrykt ved netto nåverdi. For prosjekter med en levetid opp til



100 år kan dette bli spesielt problematisk. Med en diskonteringsrente på for eksempel 5%, blir nåverdien av en krone om 50 år 8,72 øre og 2,58 øre om 75 år. Med konstant diskonteringsrente kan dermed nåverdien av kostnader og nytte fra dagens prosjekter som vedrører fremtidige generasjoner bli nokså uinteressante i dagens lønnsomhetskalkyler med netto nåverdi som lønnsomhetskriterium. Når langsiktige konsekvenser av dagens beslutninger blir neglisjerbare for prosjektets lønnsomhet, vil det trekke i retning av mer kortsiktige beslutninger. Det kan være spesielt problematisk når det gjelder investering i infrastruktur med potensielt lang økonomisk levetid. En slik nedskrivning av langsiktige verdier i prosjektanalysen fører via virkningene for dagens prosjektvalg til fordelingsvirkninger som går i disfavør av fremtidige generasjoner.

### En konsumbasert tidsstruktur for langsiktig diskonteringsrente

Problemstillingen er hvor stor avkastning i form av fremtidig merkonsum en langsiktig investering må gi for at det skal være lønnsomt å avstå konsum i dag til fordel for slike langsiktige formål. For å forenkle diskusjonen kan vi anta at alle konsumenter er identiske. Identiske konsumenter betyr at vi ser bort fra fordelings spørsmål innenfor den enkelte generasjon.

La oss anta at vi har et prosjekt som medfører en investering som reduserer konsumet i periode 0 med et "lite" beløp  $dc_0$ , og som øker konsumet på tidspunkt  $t$  med  $dc_t$ . Dersom  $\rho$  er diskonteringsrenten for nytte, som vanligvis blir kalt den marginale tidspreferanseraten, vil velferdseffekten  $dW$  være gitt ved

$$(2) \quad dW = -u'(c_0)dc_0 + e^{-\rho t}u'(c_t)dc_t$$

Diskonteringsrenten  $\rho$  uttrykker preferansen for nåtidig nytte fremfor nytte i fremtiden, og kan tolkes som en utålmodighetsfaktor ved at dagens generasjon legger større vekt på egen nytte fremfor nytte til etterfølgende generasjoner (denne diskonteringsrenten må ikke forveksles med diskonteringsrenten for konsum)

Vi antar at reduksjonen i konsumet på tidspunkt  $t$  er et "lite" beløp gitt ved  $dc_0 = \varepsilon$ . Dersom prosjektets prosentvise avkastning regnet i kontinuerlig tid er  $r$  pr tidsenhet, vil velferdseffekten fra prosjektet være

$$(2') \quad dW = -u'(c_0)\varepsilon + e^{-\rho t}u'(c_t)\varepsilon e^{rt}$$

I uttrykket (2') er  $e^{rt}\varepsilon$  konsumøkningen på tidspunkt  $t$  som følge av "investeringen"  $\varepsilon$  på tidspunkt 0.

Velferdseffekten av prosjektet går i null dersom  $dW = 0$ . Fra (2') får vi da at prosjektet er "break even" dersom

$$(2'') \quad e^{-rt} = e^{-\rho t} \frac{u'(c_t)}{u'(c_0)}$$

Diskonteringsrenten  $r$  kan her tolkes som det årlige gjennomsnittlige kapitalavkastningskravet til prosjektet. En høyere gjennomsnittlig avkastning vil gi positiv nåverdi av nytteeffektene. Siden forholdet mellom grensenytten på tidspunkt  $t$  og  $0$  vil avhenge av tidshorizonten  $t$ , vil også det gjennomsnittlige avkastningskravet avhenge av  $t$ . Dersom vi lar  $r_t$  stå for avkastningskravet for en investering med varighet  $t$ , har vi at

$$(3) \quad e^{-r_t t} = e^{-\rho t} \frac{u'(c_t)}{u'(c_0)}$$

$r_t$  blir da avkastningskravet for prosjektets "cash flow" i form av fremtidig konsum og gitt ved

$$(4) \quad r_t = \rho - \frac{1}{t} [\ln u'(c_t) - \ln u'(c_0)]$$

Vi antar at nyttefunksjonen  $u(c)$  hører til klassen med konstant grensenytte-elastisitet, der grensenytten er gitt ved  $u'(c) = c^{-\gamma}$ , og  $\gamma > 0$  er grensenytteelastisiteten. Videre antas det at det hersker usikkerhet knyttet til konsumveksten fra tidspunkt  $0$  til tidspunkt  $t$ . Mer presist antas konsumveksten, definert ved  $X_t \equiv \ln c_t - \ln c_0$ , å være normalfordelt. Med disse forenkende antagelsene kan avkastningskravet gitt ved (4) uttrykkes som

$$(5) \quad r_t = \rho + \gamma g_t - 0,5\gamma(1 + \gamma) \frac{\text{Var}(X_t)}{t}$$

der  $g_t = t^{-1} \ln(Ec_t / c_0)$  som er forventet gjennomsnittlig årlig konsumvekst frem til tidspunkt  $t$ , og  $\text{Var}(X_t)$  er variansen til den normalfordelte konsumveksten frem til tidspunkt  $t$ <sup>21</sup>.

For  $\text{Var}(X_t) = 0$ , er der ingen usikkerhet om fremtiden, og vi er tilbake til den klassiske Ramsey betingelsen for optimal sparing gitt ved

$$(5') \quad r_t = \rho + \gamma g_t$$

Det konsumbaserte avkastningskravet under sikkerhet består av to ledd.

- (i) Det ene er den *marginale tidsprefranseraten* ( $\rho$ ) som trekker i favør

---

<sup>21</sup> Den interesserte leser kan finne utledningen av dette avkastningskravet i nedenstående appendiks.

av konsum i dag.

- (ii) Det andre leddet består av konsumveksten multiplisert med elasticiteten til grensenytten. Jo høyere veksten i konsumet blir i fremtiden ( $g_t$ ), desto mindre vil en være villig til å ofre av konsum i dag for å få mer konsum senere, og dette reflekteres i betingelsen (5') ved at diskonteringsrenten blir høyere. En høyere diskonteringsrente betyr at en legger relativt større vekt på konsum i dag fremfor å få realisert mer konsum senere. Med en høy diskonteringsrente vil et prosjekt være lønnsomt bare i det tilfelle at det gir en relativt høy avkastning i senere perioder. Det kan derfor synes rimelig å kalle effekten gitt ved leddet  $\gamma g_t$  for en *velstandseffekt*. Jo mer velstående fremtidige konsumenter blir, desto høyere vil optimal diskonteringsrente være, som fører til at nåtidige konsumenter blir mindre villig til å ofre konsum i dag for å få realisert mer konsum i fremtiden. Omvent vil en forventet konsumnedgang trekke i retning av lavere diskonteringsrente og et slakkere avkastningskrav som da bidrar til å øke konsummulighetene for fremtidige konsumenter. Grensenytteelasticiteten ( $\gamma$ ) måler krumningen på nyttefunksjonen. Sterk krumning (høy verdi på  $\gamma$ ) trekker i favør av konsumutjevning over tid, slik at ved relativt høyt konsum i fremtiden, vil en med dagens briller i større grad ønske å prioritere nåtidig konsum ved å investere mindre. Ved en fremtidig konsumnedgang blir det omvendt. En høy verdi på grensenytteelasticiteten betyr da at velstandseffekten får en større innvirkning på den optimale diskonteringsrenten både til pluss og minus. Størrelsen på grensenytteelasticiteten får derfor i kraft av sin betydning for diskonteringsrenten virkninger for inntektsfordelingen over tid.

Empiriske estimat for elasticiteten  $\gamma$  ligger mellom 1 og 2. Hvis vi antar en utålmodighetsfaktor på  $\rho = 1\%$ , og vi ser på to vekstscenarier for konsumet på hhv 1% og 2%, vil optimal diskonteringsrente ligge mellom 2% og 5%. En gjennomsnittlig årlig konsumvekst på 2% pr år gir eksempelvis mer enn 7-dobling av konsumet i løpet av 100 år og en 4,4-dobling i løpet av 75 år. Om vi ser bort fra utålmodighetsraten, dvs  $\rho=0$ , vil diskonteringsrenten i eksemplet med konstant elasticitet av marginalnyttens ligge mellom vekstraten til konsumet og det dobbelte av den samme vekstraten.

- (iii) Når vi åpner for at fremtidens realøkonomiske rammebetingelser og konsummuligheter kan være usikre, kan det ved risikoaversjon oppstå et behov for å forebygge virkningene av uheldige konjunkturer i fremtiden gjennom økt sparing. Virkningen på diskonteringsrenten fremkommer ved at leddet  $0,5\gamma(1+\gamma)\frac{\text{Var}(X_t)}{t}$  kommer til fradrag slik at avkastningskravet blir redusert. Det er nærliggende å kalle denne effekten for en *forsiktighetseffekt*. Jo større elastisiteten  $\gamma$  er, desto større aversjonen vil en ha overfor variasjoner i konsumet. En vil derfor ta høyde for en fremtidig risikofylt konsumutvikling gjennom et slakkere avkastningskrav.<sup>22</sup> Hvis for eksempel  $\gamma$  varierer mellom 1 og 2, vil fradragleddet i diskonteringsrenten variere mellom 1 og 3 gange gjennomsnittlig varians pr tidsenhet. Om usikkerheten mht fremtidig konsumvekst gitt ved variansen øker over tid, vil avkastningskravet falle over tid, og vil falle raskere jo mer risikoaverse preferansene er målt med risikoaversjonsfaktoren<sup>23</sup>  $\gamma$ .

### En rentebasert tidsstruktur for diskonteringsrenten for langsiktige prosjekter

Vi antar nå at investert kapital i langsiktig infrastruktur blir finansiert ved lån, eller kunne ha blitt plassert, i det internasjonale finansmarkedet til renten  $r_t$  på tidspunkt  $t$ . Disse fremtidige spotrentene kan da betraktes som alternativavkastningen for den langsiktige investeringen. Det antas at det råder usikkerhet om de fremtidige spotrentene på investeringstidspunktet.

Vi analyserer dette innenfor rammen av diskret forrenting og tenker oss at usikkerheten om fremtidige diskonteringsrenter kan modelleres som en scenariobetinget alternativavkastning, og at  $r_t(j)$  er alternativavkastningen på tidspunkt  $t$  i scenario  $j$ . Vi postulerer videre at beslutningstakeren er risikonøytral og ønsker å maksimere forventet nåverdi. Forventningsverdien på fremtidige prosjektoverskudd er gitt, og det gjelder å finne den korrekte sikkerhetsekvivalente diskonteringsrenten. Ved denne tilnærmingen vil det med andre ord bli sett bort fra fordelingsvirkninger over tid.

<sup>22</sup> Mer presist kan det vises at størrelsen på leddet  $\gamma(1+\gamma)$  er relatert til krumningen av grensenyttekurven ved at den er avhengig av størrelsen og fortegnet til den tredje-deriverte av grensenytten slik at  $u''' > 0$ .

<sup>23</sup> Under usikkerhet vil grensenytteelastisiteten være ensbetydende med risikoaversjonsmålet kalt relativ risikoaversjon.

Vi definerer diskonteringsfaktoren i scenario  $j$  på tidspunkt  $t$  som

$a_j(t) = [(1+r_j(1)) \cdot (1+r_j(2)) \cdots (1+r_j(t))]^{-1}$ , som er det samme som nåverdien av en krone på tidspunkt  $t$  i scenario  $j$ .

Hvis  $p_j$  er sannsynligheten for scenario  $j$ , vil den forventede diskonteringsfaktoren for cash flow på tidspunkt  $t$  være gitt ved  $A(t) = \sum_j p_j a_j(t)$ . Dette blir da forventet nåverdi (FNV) av en krone på tidspunkt  $t$ . Vi kan merke oss at renteusikkerheten manifesterer seg ved *forventede diskonteringsfaktorer* og ikke ved forventede diskonteringsrenter.

Vi kan da definere sikkerhetsekvivalent diskonteringsrente  $r^{SE}(t)$  for cash flow på tidspunkt  $t$

$$\text{ved } (1+r^{SE}(t))^{-t} = A(t) \text{ slik at } r^{SE}(t) = \frac{1}{[A(t)]^{1/t}} - 1.$$

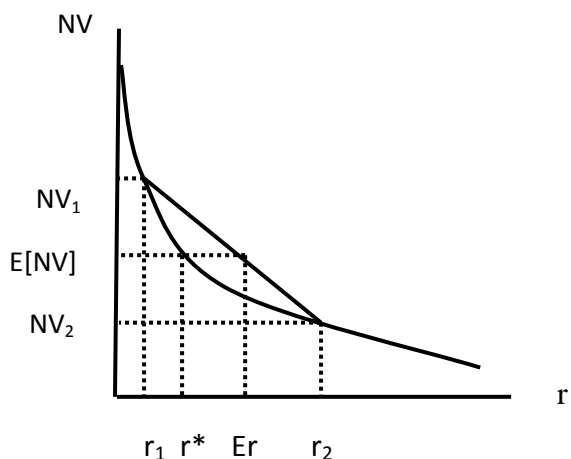
Fra ovenstående kan vi gjøre følgende observasjon:

Usikkerheten mht til diskonteringsrentene manifesterer seg gjennom diskonteringsfaktoren ved at forventet nåverdi av en krone er gitt ved forventet diskonteringsfaktor. Siden diskonteringsfaktoren er en fallende konveks funksjon av diskonteringsrenten, betyr det at sikkerhetsekvivalent diskonteringsrente er lavere enn forventet diskonteringsrente<sup>24</sup>.

Poenget kan illustreres ved et enkelt eksempel. Anta at vi har en investering på  $I$  kroner som genererer en inntekt lik  $B$  etter en periode. Med diskonteringsrente lik  $r$  blir nåverdien lik  $NV = -I + B/(1+r)$ . Når vi plotter nåverdien av prosjektet som en funksjon av diskonteringsrenten  $r$ , får vi nedenstående figur. Anta at vi har to rentescenarier  $r_1$  og  $r_2$ . La oss anta at forventet diskonteringsrente er  $E(r)$ .  $NV_1$  og  $NV_2$  er nåverdiene svarende til diskonteringsrentene  $r_1$  og  $r_2$ , mens  $ENV$  er forventet nåverdi og  $r^*$  er sikkerhetsekvivalent diskonteringsrente. Vi ser fra figuren at  $r^* < E_r$ .

---

<sup>24</sup> Dette følger av den såkalte Jensens ulikhet anvendt på konvekse funksjoner.



Dette betyr at sikkerhetsekvivalent diskonteringsrente er lavere enn forventningsverdien av diskonteringsrenten.

Vi ser på et litt utvidet eksempel

Det antas 9 rentescenarioer med lik sannsynlighet slik at hvert scenario har sannsynlighet 1/9.

Prosjektets levetid i år	10	25	50	75	100
Rentescenarioer	Diskonteringsfaktor på tidspunkt t				
1%	0,91	0,78	0,61	0,47	0,37
2%	0,82	0,61	0,37	0,23	0,14
3%	0,74	0,48	0,23	0,11	0,05
4%	0,68	0,38	0,14	0,05	0,02
5%	0,61	0,30	0,09	0,03	0,01
6%	0,56	0,23	0,05	0,01	0
7%	0,51	0,18	0,03	0,01	0
8%	0,46	0,15	0,02	0	0
9%	0,42	0,12	0,01	0	0
Forventet diskonteringsfaktor	0,63	0,36	0,17	0,10	0,07
Sikkerhetsekv. disk.rente ( $r^{SE}$ )	4,65	4,20	3,57	3,10	2,76

Her er forventet diskonteringsrente 5%.

Vi ser fra tabellen at sikkerhetsekvivalent diskonteringsrente faller med levetiden på prosjektet. Det kan vises at den sikkerhetsekvivalente diskonteringsrenten går asymptotisk

mot renten i det laveste rentescenariot når levetiden går mot uendelig, som her er 1%<sup>25</sup>. Det som driver den fallende sikkerhetsekvivalente diskonteringsrenten i dette tilfellet, er usikkerhet mht til fremtidige spotrenter (kapitalavkastningskrav). På bakgrunn av slike betraktninger foreslår for eksempel Pearce et al<sup>26</sup> å benytte en konstant diskonteringsrente innenfor den tidshorizonten der tilpasningen i dagens finansmarkeder avslører forventninger om fremtidige avkastningsrater (max 30 år), og en sikkerhetsekvivalent horisontavhengig diskonteringsrente for mer langsiktig usikker cash flow. I ovenstående rentescenarioer vil en sikkerhetsekvivalent diskonteringsrente i et 75 år perspektiv være ca 3,1% og 2,7% med en horisont på 100 år.

Som oppsummering kan vi si at med en konsumbasert diskonteringsrente vil usikkerhet mht fremtidige konsummuligheter trekke i retning av en lavere diskonteringsrente enn det som ville være tilfelle innenfor en deterministisk analyseramme. Dersom usikkerheten med hensyn konsumveksten er økende over tid, vil det trekke i retning av en horisontavhengig diskonteringsrente som vil være fallende over tid.

Tilsvarende vil en alternativkostnadsbasert tilnærming til optimal diskonteringsrente basert på usikre fremtidige finansielle spotrenter gi en sikkerhetsekvivalent diskonteringsrente som vil være lavere enn forventet alternativavkastning, og den sikkerhetsekvivalente rentebanen vil være fallende med prosjektets tidshorizont.

## **Del II: Behandling av restverdier i samfunnsøkonomiske lønnsomhetsanalyser**

Gjeldende praksis i hht Jernbaneverkets manual er å beregne restverdien på grunnlag av anskaffelsesverdien fratrukket lineære avskrivninger basert på teknisk levetid. En investering med en teknisk levetid på 40 år vil dermed etter det 25. året ha en restverdi som vil være gitt ved anskaffelsesverdien fratrukket  $25/40 = 3/8$  av anskaffelsesverdien, og som så blir neddiskkontert til analysetidspunktet. Det meste av infrastrukturinvesteringene innenfor jernbane- vei- og kysttransport er i praksis mer eller mindre irreversible slik at kostnadene er faste og i de fleste tilfelle i begrenset grad gjenvinnbare og derfor driftsuavhengige (sunk cost). Det eksisterer derfor ikke, eller i lite omfang, andrehåndsmarkeder for slike investeringer. De har av den grunn liten eller ingen verdi

---

<sup>25</sup> jf Weitzman: "Why the far distant future should be discounted at its lowest possible rate" *Journal of Environmental Economics and Management*, 1998.

<sup>26</sup> Pearce, Groom, Hepburn & Koundouri.: "Valuing the Future: Recent advances in social discounting" *World Economics*, 2003.

utenfor sitt bruksområde. I en slik situasjon må anslag på restverdier være fremtidsrettet og basert på nåverdien av den netto verdiskaping som infrastrukturen må forventes å gi opphav til innenfor den aktuelle bruksperioden.

Den nåværende praksis innenfor for eksempel jernbanesektoren er at infrastrukturinvesteringer som ikke har noen nevneverdig alternativ verdi, avskrives - som påpekt - lineært over den økonomiske levetiden og at restverdien ved investeringskalkylens tidshorisont beregnes som en pro rata andel av initialinvesteringen og så diskonteres ned til referansetidspunktet for de neddiskonterte nytte- og kostnadsverdiene i analyseperioden

Vi vil fremheve at å legge en andel av initialinvesteringen til grunn som restverdi, er nokså vilkårlig i denne sammenheng. Det som er bestemmende for restverdien, er verdien av prosjektets fremtidige netto ytelser inntil utløpet av dets økonomiske levetid fratrukket nødvendige erstatningsinvesteringer for å holde kapasiteten og kvaliteten til infrastrukturen intakt. Den økonomiske levetiden vil normalt være kortere enn den tekniske men i de fleste tilfelle betydelig lengre enn 25 år. Slik sett kan det virke nokså umotivert å sette strek for analysen etter 25 år og så anslå verdien av prosjektets resterende verdiskaping ved en retrospektiv sjablongmessig betraktning.

I bedriftsøkonomisk regnskapssammenheng kunne en tenke seg at lineær avskrivning av irreversible investeringer kunne ha noe for seg. Den bedriftsøkonomiske avskrivningsplanen kan i mange tilfeller være motivert ut fra skattemessige hensyn, eller ønske om å få en jevn fordeling av det regnskapsmessige overskuddet over tid; bl.a. for å sikre at det regnskapsmessige grunnlaget for utdelingen av overskudd ikke fører til større utdelinger enn at en sikrer gjenanskaffelse av kapitalgjensstanden på utskiftingstids-punktet med interne midler. Slike sidehensyn er ikke til stede i en samfunnsøkonomisk lønnsomhetsanalyse. Om en skulle vurdere den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av en bedrifts investeringer, ville en se bort periodiseringen av regnskapsmessig overskudd, og i stedet legge en cash flow betraktning til grunn for investeringsanalysen der investeringsutgiftene blir trukket fra i sin helhet på investeringstidspunktet (negativ cash flow) og restverdien blir satt lik realiserbar salgsverdi i markedet på utskiftingstidspunktet.

Selv om det kan være vanskelig å lage prognoser for den driftsmessige lønnsomheten over lengre tidsperioder, så kan en i de fleste tilfelle identifisere de viktigste kostnads- og inntektsdriverne og foreta sensitivitetsanalyser basert på scenarioanalyser for å få oversikt over hvilken risiko som hefter ved lønnsomheten på lang sikt. Selv svært omtrentlige anslag for nytte- og kostnadseffekter over prosjektets totale levetid, bør kunne gi bedre informasjon



om den fremtidige lønnsomheten enn en administrativt bestemt regel for beregning av restverdier helt urelatert til de faktiske forhold og til sannsynlige fremtidige rammebetingelser for lønnsomheten av prosjektet.

## Appendiks

### Utleddning av et konsumbasert avkastningskrav under usikkerhet.

Anta preferanser med konstant relativ risikoaversjon (grensenytteelastisitet) som gitt ved -

$[u''/u']c$ . En nyttefunksjon med denne egenskapen er gitt ved  $u'(c) = c^{-\gamma}$  slik at

$-[u''/u']c = \gamma$  (elastisiteten av grensenytten).

Ved å uttrykke avkastningskravet i logaritmeform (ligning (4)) får vi

$$(i) \quad r_t = \rho + \frac{1}{t} \ln \frac{E[c_t^{-\gamma}]}{c_0^{-\gamma}}$$

Definer den stokastiske vekstraten  $X_t \equiv \ln[c_t / c_0]$  og anta at den er normalfordelt.

La  $EX_t \equiv \mu_t$  og  $\text{Var}(X_t) \equiv \sigma_t^2$ .

$$X_t = \ln \frac{c_t}{c_0} \text{ slik at } \frac{c_t}{c_0} = e^{X_t}$$

$$r_t = \rho - \frac{1}{t} \ln E \left( \frac{c_t}{c_0} \right)^{-\gamma} = \rho - \frac{1}{t} \ln E e^{-\gamma X_t} \text{ siden } \ln E \left( \frac{c_t}{c_0} \right) = \ln E e^{X_t} \equiv t g_t \text{ der } g_t \text{ er forventet}$$

gjennomsnittlig vekstrate i konsumet pr år frem til tidspunkt t.

Videre har vi  $\ln E e^{X_t} = \ln e^{\mu - 0,5\sigma^2} = \mu_t - 0,5\sigma_t^2$

Ved innsetting får vi

$$r_t = \rho - \frac{1}{t} \ln e^{-\gamma\mu + 0,5\gamma^2\sigma^2} \text{ slik at}$$

$$r_t = \rho - \frac{1}{t} [-\gamma\mu_t + 0,5\gamma^2\sigma_t^2] = \rho + \frac{1}{t} (\gamma(g_t - 0,5\sigma_t^2) - 0,5\gamma^2\sigma_t^2)$$

Dette gir

$$r_t = \rho + \gamma g_t - 0,5\gamma(1 + \gamma) \frac{\text{Var}X_t}{t}$$

som er det samme som avkastningskravet gitt ved (5)

## 7. Dobbeltspor Oslo S – Ski

### Alternative samfunnsøkonomiske beregninger

#### Innledning

Dette notat viser beregninger av samfunnsøkonomisk lønnsomhet for et nytt dobbeltspor mellom Oslo S og Ski under ulike forutsetninger. Dette er et "tungt" investeringsprosjekt, med en stor del av strekningen lagt i tunnel. En nærmere beskrivelse av utformning og forutsetninger for prosjektet er gitt i SNF Arbeidsnotat 34/08. Her er det også redegjort for de enkelte postene i det samfunnsøkonomiske regnskapet.

Det tas i dette notat utgangspunkt i en basisberegning som følger opplegget fra Jernbaneverkets metodehåndbok JD205. Heretter gjennomføres det gradvist endringer i beregningsforutsetningene. Endringene knytter seg alle til håndteringen av langsiktigheten i investeringer i jernbane. Tabell 1 viser sammensetningen av de samlede investeringene på kategorier med ulik stipulert levetid.

**Tabell 1. Forutsetninger om investeringstyper og kostnader. Millioner kr.**

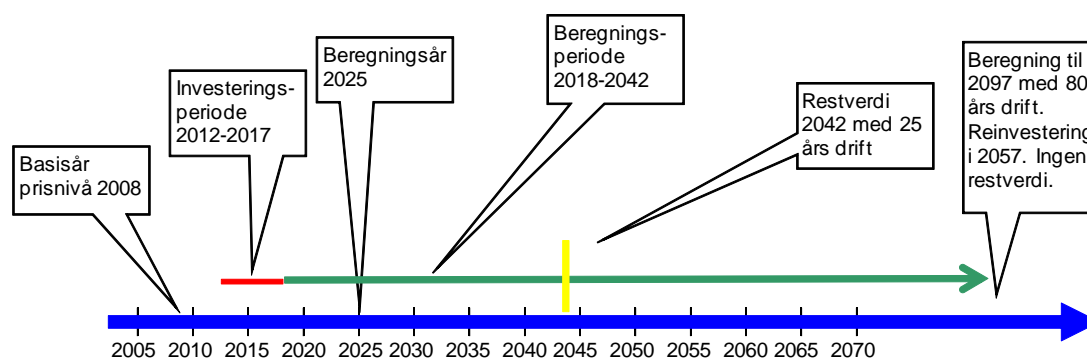
Investerings-kategori	Levetid	I4
Plan og grunn	40	1 879,3
Underbygning	75	5 786,6
Overbygning	40	512,0
Elektroanlegg	40	566,6
Stasjonsanlegg	40	53,0
Signalanlegg	30	369,1
Kontaktledningsanlegg	40	1 054,0
Sum		10 220,7

En standardberegning etter dagens metoder legger til grunn en driftsperiode på 25 år. Ved beregningsperiodens slutt inntektsføres den nedskrevne restverdien av investeringene. Det fremgår av tabellen at alle kapitaltyper har en stipulert levetid lengre enn 25 år, så håndteringen av restverdien er en viktig del av det samfunnsøkonomiske regnestykket. Beregningsåret er det år som trafikkmønsteret er modellert for.

Forutsetninger om tidsstrukturen fremgår av Tabell 2 og i Figur 1.

**Tabell 2. Begreper og verdier brukt i analysen**

<b>Basisår prisnivå</b>	2008
<b>Beregningsåret</b>	2025
<b>Første tiltaksår</b>	2013
<b>Siste tiltaksår</b>	2017
<b>Første virkningsår</b>	2018
<b>Henføringsår</b>	2018
<b>Tidshorisonten</b>	25 år
	80 år



**Figur 1. Tidsstruktur i analysen**

I dette notatet gjennomføres følgende endringer av forutsetninger. Koden i parentes viser til benevnningen i resultattabellene.

- Beregningsperioden endres fra 25 til 80 år (Alt80). Dette betyr drift frem til 2097. Det forutsettes at underbygning kan benyttes i 80 år. For de øvrige kapitaltypene er det forutsatt en reinvestering midt i beregningsperioden, altså i år 2057. Det er ingen restverdi etter beregningsperioden.
- Diskonteringsrenten endres slik at den for de første 25 års drift er 4,5%, mens den for de resterende år er 3% (Alt80R). Det gjennomføres også en beregning med langsiktig rente på 2% (Alt80R2).
- Tidsverdiene årlig opp med en justeringsfaktor på 2%, som representerer økonomisk vekst (BNP) og reallønnsøkning (Alt80RT). Langsiktig diskonteringsrente er satt til 3%.
- Reallønnsøkningen fører til økning i realprisen på investeringer og drift (Alt80RTA). Det legges til grunn en arbeidskraftandel i investeringer og drift på 50%.
- Det regnes med en fast diskonteringsrente i hele beregningsperioden på 3,5% (Alt80R3TA)

## Formalisering

### *Variabel rente*

Det er lagt til grunn at det i i en periode på  $\tau$  år skal diskonteres med en markedsbasert diskonteringsrente  $r_1$ , og at det i de etterfølgende perioder skal diskonteres med en rente  $r_2$  hvor  $r_1 > r_2$ . La  $T$  være antall perioder i beregningsperioden. La  $\tau$  være antall perioder hvor høy diskonteringsrente skal benyttes, og la  $t$  være en gitt periode innen levetiden for et prosjekt. For en periode  $t$  i intervallet  $\tau < t < T$  er det lagt inn følgende formel for diskonteringsfaktoren  $d(t)$ :

$$d(t) = (1 + r_1)^{-\tau}(1 + r_2)^{-(t-\tau)}.$$

Den lave diskonteringsrenten brukes altså bare for de siste årene, ikke for hele perioden.

For en periode  $t < \tau$  vil det tilsvarende uttrykk være som vanlig

$$d(t) = (1 + r_1)^{-t}.$$

I beregningene med variabel rente er  $\tau$  satt til 30 år. Renten  $r_1$  er satt til 4,5 %, som er vanlig i transportprosjekter, og  $r_2$  er satt til 3%.

### *Korreksjonsfaktor for tidsverdier*

Det er i regnearket lagt til grunn at inntekten eller BNP i samfunnet stiger med en årlig faktor  $i$ . Tidsverdien antas å øke med en andel  $\alpha$  av inntektsutviklingen (jf at det i litteraturen ofte vises til at tidsverdiene stiger med mindre enn BNP). For en periode  $t$  får vi da følgende justeringsfaktor som ganges inn på tidsbesparelsen for trafikantene (den viktigste inntektskomponenten i det samfunnsøkonomiske regnskapet)

$$v(t) = (1 + \alpha i)^t.$$

I beregningene er  $i$  og  $\alpha$  satt til henholdsvis 2% og 1.

### *Realprisøkning for varer og tjenester som følge av lønnsøkningen*

Det er lagt til grunn at varer og tjenester stiger i pris som følge av at reallønnen stiger. I avsnittet over økte lønnen inntekten med en proSENTSATS i hvert år. Det er lagt til grunn at en andel  $\beta$  av kostnadene for varer og tjenester knytter seg til arbeidskraften. Det er ikke lagt inn produktivitetsendringer eksplisitt. Man får da følgende justeringsfaktor, som er brukt på alle poster i regnskapet som gjelder investering eller drift.

$$v(t) = (1 + \beta i)^t.$$

## Resultater

Forutsetningene for de enkelte beregningene er vist i Tabell 3.

**Tabell 3. Beregningsforutsetninger for hvert alternativ**

	Basis 25	Alt80	Alt80R	Alt80R2	Alt80RT	Alt80RTA	Alt80R3TA
<b>Første tiltaksår</b>	2013	2013	2013	2013	2013	2013	2013
<b>Første virkningsår</b>	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018
<b>Henføringsår</b>	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018
<b>Beregningsperiode</b>	25	80	80	80	80	80	80
<b>Diskonteringsrente 1</b>	4,5 %	4,5 %	4,5 %	4,5 %	4,5 %	4,5 %	3,5 %
<b>Diskonteringsrente 2</b>	nei	nei	3 %	2 %	3 %	3 %	3,5 %
<b>Antall år med rente 1</b>	25	80	25	25	25	25	80
<b>Økt tidsverdi</b>	nei	nei	nei	nei	2 %	2 %	2 %
<b>Økt realkostnader</b>	nei	nei	nei	nei	nei	1 %	1 %

Resultatene av beregningene er vist i Tabell 4. Basis 25 er beregningen som er utført med standardforutsetninger og 25 års driftsperiode.

**Tabell 4. Beregningsresultater**

	Basis 25	Alt80	Alt80R	Alt80R2	Alt80RT	Alt80RTA	Alt80R3TA
Trafikantnytte persontrafikk	4 039	5 242	5 476	5 659	8 491	8 491	9 532
Operatører							
Person-trafikk							
Inntekt	2 996	3 888	4 061	4 197	4 061	4 061	4 521
Driftskostn. buss	147	191	200	207	200	247	277
Personal kostn	-143	-185	-193	-200	-193	-239	-268
Vedlikeh. Energi	-274	-356	-372	-384	-372	-461	-515
Klargjøring	-58	Mill 2008 kr i 2018	-79	-81	-79	-97	-109
Felleskostnad	-341	-443	-463	-478	-463	-573	-641
Kapital	-313	-406	-424	-438	-424	-424	-472
Off. kjøp	-2 014	-2 614	-2 731	-2 822	-2 731	-3 382	-3 781
Gods	108	140	146	151	146	181	202
Offentlig							
sektor							
Investering	-11 236	-11	-11 236	-11 236	-11 236	-11 462	-11 117
Restverdi/reinv	1 893	236	-604	-727	-604	-936	-1 035
Drift bane	-98	-459	-133	-138	-133	-165	-185
Drift vei	184	-128	249	258	249	309	345
Bompenger	-60	239	-82	-84	-82	-101	-113
Avgifter bilkjøring	-230	-78	-312	-322	-312	-386	-432
Skattekostnad	-1 885	-299	-1 772	-1 758	-1 772	-1 708	-1 569
Offentlig kjøp	2 014	-1 789	2 731	2 822	2 731	3 382	3 781
Samfunnet for øvrig							
Ulykkeskostnad	91	118	123	127	123	123	137
Globale utslipp	25	33	34	36	34	34	38
Lokale utslipp	14	18	19	19	19	19	21
Støy	29	38	39	41	39	39	44
Utslipp bygging	-16	-16	-16	-16	-16	-16	-16
Netto nytte (NNV)	-5 129	-5 563	-5 337	-5 169	-2 322	-3 063	-1 352

En økning i driftsperioden fra 25 til 80 år (Alt80) svekker isolert sett det samfunnsøkonomiske resultatet. Dette har sammenheng med at prosjektet i utgangspunktet har en negativ netto nytte. Da har inntektsføringen av restverdien større verdi enn en økning av antall perioder. I tillegg er det nødvendig med reinvesteringene etter 40 års drift. En reduksjon i langsiktig rente til 3% (Alt80R) øker netto nytten, men endringen får ikke så stor vekt når det i 25 år er diskontert med 4,5%. En ytterligere reduksjon til 2% langsiktig rente (Alt80R2) øker nettonytten. En årlig oppjustering av tidsverdiene med 2% (Alt80RT) slår gjennom i trafikantnytte for persontrafikk, og har stor betydning for netto nytte. En økning av investerings- og driftskostnader som svarer til en reallønnsøkning 2% og en arbeidskraftandel på 50% har også vesentlig betydning for beregnet netto nytte. I den siste kolonnen er renten fast 3,5% over hele beregningsperioden på 80 år. Reduksjon av rentenivået for de tidligste år slår sterkt ut i resultatet.