



TØI rapport  
734/2004

# FINMOD – en aggregert kostnadsmodell for norsk kollektivtransport

Jon-Terje Bekken

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

ISSN 0802-0175

ISBN 82-480-0444-9

Oslo, november 2004

**Tittel:** Finmod - en aggregert kostnadsmodell for norsk kollektivtransport.

**Forfatter(e):** Jon-Terje Bekken

TØI rapport 734/2004  
Oslo, 2004-11  
40 sider  
ISBN 82-480-0444-9  
ISSN 0802-0175

**Finansieringskilde:**

Norges forskningsråd

**Prosjekt:** 2725 Kollektivtransportens finansiering

**Prosjektleder:** Bård Norheim

**Kvalitetsansvarlig:** Bård Norheim

**Emneord:**

Kostnadsmodell; Kollektivtransport

**Sammendrag:**

Transportøkonomisk institutt har gjennomført en rekke analyser av optimale tilskudd for kollektivtransporten under varierende rammebetingelser og beskrankninger. I disse prosjektene er det benyttet en felles analysemodell (FINMOD). I de senere årene er denne modellen videreutviklet og benyttet for å analysere konsekvensene av ulike former for resultatavhengige tilskuddskontrakter i Oslo, Hordaland, Kristiansand og Telemark, i tillegg til en analyse for NSBs intercitymarked. Et sentralt spørsmål i denne sammenheng har vært å kalibrere kostnadselementene i modellen. Hovedformålet med denne rapporten er å se på kostnadsmodulen innenfor FINMOD. Målsettingen er å få en bedre kvalitet på kostnadssiden ved å sammenligne med andre kostnadsmodeller for kollektivtransporten, samt å forenkle og å standardisere kalibreringen av kostnadssiden mest mulig.

**Title:** Finmod - an aggregated cost model for Norwegian public transport

**Author(s):** Jon-Terje Bekken

TØI report 734/2004  
Oslo: 2004-11  
40 pages  
ISBN 82-480-0444-9  
ISSN 0802-0175

**Financed by:**

The Research Council of Norway

**Project:** 2725 Financing public transport

**Project manager:** Bård Norheim

**Quality manager:** Bård Norheim

**Key words:**

Operating costs; Public transport

**Summary:**

The Institute of Transport Economics has carried out a number of analysis concerning optimal subsidy regimes for public transport under different conditions. In all of these an analytical model (FINMOD) has been applied. Recently, this model has been further developed and applied to analyse the consequences of different performance-based subsidy arrangements in Oslo, Kristiansand, Hordaland and Telemark, and the Norwegian intercity railway market. An important task in the recent development has been to calibrate the cost module of the model. The main purpose of this report is to improve, simplify and standardise the cost module in FINMOD by comparing it to other cost models in Norwegian public transport.

**Language of report:** Norwegian

*Rapporten kan bestilles fra:*

*Transportøkonomisk institutt,*

*Postboks 6110 Etterstad, 0602 Oslo*

*Telefon 22 57 38 00 - Telefax 22 57 02 90*

*Pris kr 150*

*The report can be ordered from:*

*Institute of Transport Economics, the*

*PO Box 6110 Etterstad, N-0602 Oslo, Norway*

*Telephone +47 22 57 38 00 Telefax +47 22 57 02*

*Price NOK 150*

*Copyright © Transportøkonomisk institutt 2004*

*Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkløven av 1961*

*Ved gjengivelse av materiale fra publikasjonen, må fullstendig kilde oppgis*



# Forord

Transportøkonomisk institutt (TØI) har gjennom en rekke ulike prosjekter benyttet en modell for optimalisering av kollektivtilbudet under ulike beskrankninger (FINMOD). Denne modellen bygger på bestemte forutsetninger om tilbud og etterspørsel i de ulike områdene modellen er benyttet. Denne rapporten går nærmere inn på tilbudssiden i denne modellen for å drøfte mulighetene for en mer standardisert kostnadsmodul.

Rapporten går inn på hvilke variable og faste kostnader som bør inngå i en slik strategisk planleggingsmodell og hvordan kostnadene varierer avhengig av hvilke driftsarter vi ser på. Disse beregningene skal inngå som en videreutvikling og forbedring av kostnadsmodulen i FINMOD. Prosjektet er finansiert av Norges Forskningsråd innefor det strategiske instituttprogrammet ”Regulering av rutegående transport – Konkurransen, organisering og finansiering”. Rapporten er skrevet av forsker Jon-Terje Bekken og kvalitetssikret av forskningsleder Bård Norheim. Avdelingssekretær Kari Tangen har hatt ansvaret for tekstbehandling og ferdigstillelse av rapporten.

Oslo, november 2004  
Transportøkonomisk institutt

*Sønneve Ølnes*  
Konst. instituttsjef

*Arild H. Steen*  
avdelingsleder

# Innhold

## Sammendrag

<b>1 Bakgrunn og formål .....</b>	<b>1</b>
<b>2 FINMOD og modellens referansedata .....</b>	<b>2</b>
2.1 Hovedstrukturen i Finmod .....	2
2.2 Operasjonalisering av enhetskostnader for bruk i FINMOD .....	4
2.3 Om Alfamodellen/Busskost .....	4
2.4 Andre utredninger for enhetskostnader og kostnadsstruktur for kollektivtransport .....	5
<b>3 Produksjons-avhengige kostnader .....</b>	<b>6</b>
3.1 Personalkostnader .....	6
3.2 Drivstoff og energikostnader .....	9
3.3 Rengjøring .....	11
3.4 Andre driftskostnader .....	12
3.5 Sammenfatning av de driftsavhengige kostnadene .....	14
<b>4 Dimensjoneringskostnader .....</b>	<b>17</b>
4.1 Gjenanskaffelsesverdien .....	17
4.2 Forventet levetid (nedskrivningstid) .....	19
4.3 Den minste nødvendige vognparken og overdimensjonering.....	20
4.4 Bruk av allerede nedskrevet materiell .....	21
4.5 Bibetingelse for å avvikle trafikken.....	21
4.6 Oppsummering investerings/vognkostnader.....	21
<b>5 Andre kostnader .....</b>	<b>24</b>
5.1 Passasjeravhengige kostnader .....	24
5.2 Driftsavhengige tidskostnader .....	24
5.3 Kjørevegskostnader .....	25
5.4 Oppsummering andre kostnader.....	25
<b>6 Oppsummering .....</b>	<b>26</b>
6.1 Nødvendig input .....	27
6.2 Videreutvikling av modellen .....	28
6.3 Kostnadsjusteringer.....	28



## Sammendrag:

# Finmod – en aggregert kostnadsmodell for norsk kollektivtransport

## Bakgrunn og formål

Transportøkonomisk institutt (TØI) har gjennomført en rekke analyser av optimale tilskudd for kollektivtransporten under varierende rammebetingelser og beskrankninger. I disse prosjektene er det benyttet en felles analysemodell (FINMOD). Modellen ble først benyttet innenfor prosjektet "Samfunnsnytte av tilskudd til kollektivtransporten i Oslo" (Larsen 1993).

I de senere årene er denne modellen videreutviklet og benyttet for å analysere konsekvensene av ulike former for resultatavhengige tilskuddskontrakter i Oslo, Hordaland, Kristiansand og Telemark, i tillegg til en analyse for NSBs intercitymarked:

1. I *Oslo* ble den samme modellen benyttet med oppdaterte nøkkeltall for 1996 (Johansen mfl. 1998).
2. I *Hordaland* ble også den samme modellen benyttet med en liten endring ved at skoletransporten ble lagt inn som en uelastisk del av tilbudet (Carlquist mfl. 1999).
3. I *Kristiansand* ble modellen endret en del ved at en ny optimeringsrutine ble benyttet og med en ny etterspørselsmodell, som tar utgangspunkt i trafikanternes generaliserte reisekostnader og elastisiteter mhp. generalisert tid (Norheim og Johansen 2000).
4. For *NSB* og *Telemark* ble Kristiansand-modellen benyttet men med en del utviklingsarbeid for å oppdatere og forbedre kostnadsdelen (Bekken mfl. 2003 og Longva mfl.2003).

Prinsippene i disse analysene er basert på samme modellstruktur, men de har litt ulik etterspørsels- og kostnadsfunksjon.

FINMOD er en modell som kan fungere som et redskap for å se på ulike optimale innretninger av offentlige virkemidler på et overordnet nivå for regioner og mindre lokale områder (Larsen 2004).

Som en overordnet modell behandler den ikke enkeltruter, men benytter aggregerte nivå på tilbud og etterspørsel av kollektivtransport.

FINMOD er et generelt rammeverk som må tilpasses og kalibreres de ulike geografiske områdene den skal benyttes på og til ulike transportmidler. Dette har den fordelen at betraktningene blir tilpasset den lokale etterspørselen og tilbudssituasjonen i et område. Ulempen med dette er at modellen for hvert område må kalibreres slik at den gjenspeiler det aktuelle området best mulig når det gjelder tilbud og etterspørsel.

Kjernen i FINMOD er skillett mellom produksjonsavhengige og dimensjonerende kostnader. Rutetilbudet blir videre delt inn i et basistilbud som er likt hele driftsperioden samt et dimensjonerende og ikke-dimensjonerende rushtilbud. Det som påvirker kostnadene vil da være dimensjonerende vognbehov, kapitalkostnadene for denne vognparken og de produksjonsavhengige kostnadene i og utenfor rushperioden. Et sentralt spørsmål i denne sammenheng vil derfor være å få kalibrert kostnadselementene i den dimensjonerende produksjonskapasiteten, dvs.:

1. Driftskostnader per rutekm, avhengig av vognstørrelse, driftsart og periode
2. Kapitalkostnader per buss avhengig av vognstørrelse og driftsart

Hovedformålet med denne rapporten er å se på kostnadsmodulen innenfor FINMOD. Målsettingen er å få en bedre kvalitet på kostnadssiden ved å sammenligne med andre modeller for kostnadssiden i kollektivtransporten, samt å forenkle og å standardisere kalibreringen av kostnadssiden mest mulig.

## Hovedstrukturen i Finmod og anbefalte verdier

Hovedstrukturen i FINMOD innebærer at kostnadene for operatørene deles inn i fire hovedelementer:

1. Kapitalkostnader
2. Produksjonsavhengige kostnader
3. Passasjeravhengige kostnader
4. Systemkostnader

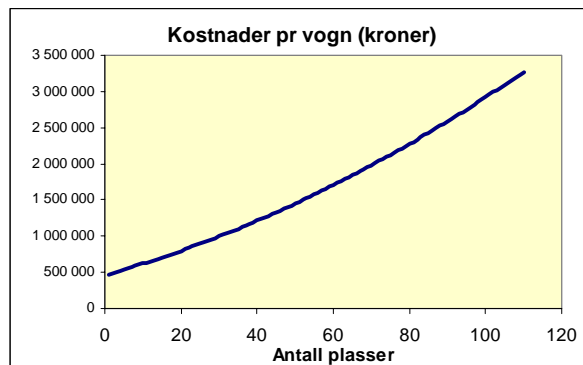
### Kapitalkostnader

Kapitalkostnadene skal gjenspeile den årlige kostnadene knyttet til det rullende materiellet. Noe forenklet sagt skal det gjenspeile de årlige kostnadene knyttet til å binde kapital i vognparken. De sentrale faktorene for størrelsen på kapitalkostnadene er:

- *Vognparkens størrelse.* Hvor stor må vognparken være for å dekke tilbudet i den maksimale timen.
- *Enhetsprisen for nytt materiell.* Når en vogn utranteres må en ny kjøpes inn. Det er derfor prisen på en ny vogn som bør være referanserammen.
- *Levetid på materiellet.* For å finne de ”korrekte” kapitalkostnadene må vognparken avskrives over materiellets faktiske levetid.
- *Avskrivingsrente.* Kapitalkostnadene skal gjenspeile at det koster å binde kapital. Avskrivingsrenten skal ta hensyn til dette.

Enhetsprisen på materiellet, levetiden på det og avskrivingsrenten er i liten grad selskapsespesifikk. Det kan derfor i stor grad standardiseres. Vår kalibrering

av kapitalkostnadene for busser som funksjon av antall plasser er vist i figuren under.



TØI-rapport 734/2004

Figur S.1: Kalibrert funksjon for kapitalkostnader som funksjon av antall plasser

### Produksjonsavhengige kostnader

De produksjonsavhengige kostnadene skal reflektere hva det koster å produsere et tilbud som en funksjon av ulike kjennetegn ved tilbudet. De produksjonsavhengige kostnadene er både avhengig av distansen som kjøres og tiden som brukes på å kjøre dette tilbudet. I FINMOD inngår kun distanseavhengige kostnader. Dette innebærer at de kostnadene som normalt relateres til tid, slik som lønn, må gjøres om til kilometeravhengige kostnader. Her vil hastigheten spille en sentral rolle. De produksjonsavhengige kostnadene forutsetter vi at varierer mellom rush og ordinær drift. I tabellen under har vi satt opp våre anbefalte standardiseringer av verdiene sammen med enkelte verdier som har blitt benyttet i andre sammenhenger.

Faktor for produksjonsavhengige kostnader	Rush	Basis	Kommentar
Anbefalt verdi i FINMOD	17,1	15,3	Den anbefalte verdien benytter en vesentlig lavere drivstoffpris enn de andre beregningene.
Benyttet i Grenland	29	15,4	(Gjennomsnitt lik 18,46)
Benyttet i Kristiansand	25,1	16,1	(Gjennomsnitt lik 18,26)
Anbefalt i Vista (2002)	17,8	17,8	
Normtall for Telemark 2003	14,7	14,7	

TØI-rapport 734/2004

Tabell S.1 Sammenligninger av de produksjonsavhengige kostnadene (kroner pr kilometer)

## Passasjeravhengige kostnader

Dette er kostnader som avhenger av antall passasjerer som fraktes. Det er klart at en del av kostnadene i et kollektivsystem er avhengig av antall passasjerer. Dette inngår imidlertid indirekte som en vesentlig del av driftskostnadene og dimensjoneringskostnadene. Ut over dette vil billetteringskostnader og en del øvrige administrasjonskostnader bli bestemt av antall passasjerer. En del av disse kostnadene er lite variable på kort sikt, men på lengre sikt mer variable. I operasjonaliseringen er kostnadene forutsatt uavhengig av hastighet og vognstørrelse.

Vår gjennomgang viser at det er vanskelig å gi noen anbefalinger når det gjelder de passasjeravhengige kostnadene. Disse har i ulike beregninger i stor grad blitt beregnet som en saldering av regnskapene. Det er derfor heller ikke noe grunnlag for å kalibrere en verdi for dette.

## Systemkostnader

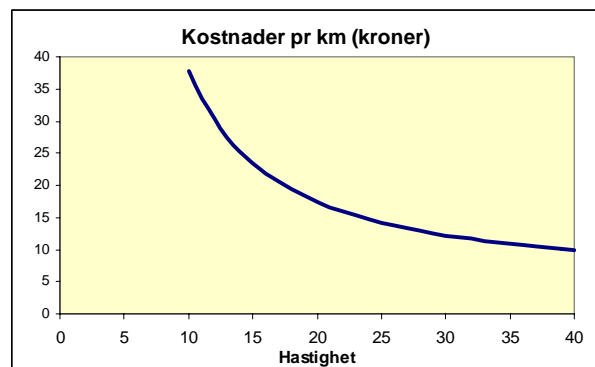
I FINMOD opereres det med en kostnadskomponent som er uavhengig av antall passasjerer og utkjørte kilometer. Dette er ment å reflektere de kostnadene som påløper ved å holde systemet i drift. Kostnadene kan således reduseres dersom driftstiden reduseres, men så lenge det er drift i systemet vil de påløpe i like stor grad pr time. Dette vil nødvendigvis bli en salderingspost innenfor modellen på lik linje med de passasjeravhengige kostnadene. Vi har derfor ikke funnet noen generell anbefalt verdi for denne komponenten.

## Sentrale faktorer

Hvert selskap vil ha sin egen kostnadsstruktur. I tillegg vil ulike regnskapsføringer kunne gi opphav til ulik fordeling på kostnadskomponentene. Bruken av

FINMOD forutsetter derfor at den i størst mulig grad kalibreres mot et utgangspunkt. Generalisering skaper enkelte problemer. Vi har forsøkt å ta hensyn til dette ved å finne noen anbefalte verdier for de komponentene vi har en viss kontroll på og tillate at enkelte andre kostnader i større grad kalibreres individuelt for de konkrete problemstillingene. Det er spesielt kapitalkostnadene og de produksjonsavhengige kostnadene vi har funnet relativt stabile verdier for.

Det er imidlertid en del sentrale momenter når det gjelder kalibreringen av disse verdiene. Som nevnt er hastigheten en viktig faktor for personalkostnadene. I tillegg spiller den inn på drivstofforbruket. Figuren under tar utgangspunkt i en buss med 70 plasser. Figuren illustrerer den viktige rollen hastigheten har i modellen. Når modellen i utgangspunktet er kalibrert for busser med hastighet rundt 22-23 km/t innebærer det et problem å generalisere for hastigheter som vesentlig avviker fra dette. Vi vil derfor inntil videre anbefale å være forsiktig med generalisering for systemer hvor både hastighet og kapasitet avviker vesentlig fra det som modellen er kalibrert opp mot.



TØI-rapport 734/2004

Figur S.2: Hastigheten som kostnadsdriver for driftskostnadene





# 1 Bakgrunn og formål

Transportøkonomisk institutt (TØI) har gjennomført en rekke analyser av optimale tilskudd for kollektivtransporten under varierende rammebetingelser og beskrankninger. I disse prosjektene er det benyttet en felles analysemodell (FINMOD). Modellen ble først benyttet innenfor prosjektet "Samfunnsnytte av tilskudd til kollektivtransporten i Oslo" (Larsen 1993).

I de senere årene er denne modellen videreutviklet og benyttet for å analysere konsekvensene av ulike former for resultatavhengige tilskuddskontrakter i Oslo, Hordaland, Kristiansand og Telemark, i tillegg til en analyse for NSBs intercitymarked:

1. I **Oslo** ble den samme modellen benyttet med oppdaterte nøkkeltall for 1996 (Johansen mfl. 1998)
2. I **Hordaland** ble også den samme modellen benyttet med en liten endring ved at skoletransporten ble lagt inn som en uelastisk del av tilbudet (Carlquist mfl. 1999).
3. I **Kristiansand** ble modellen endret en del ved at en ny optimeringsrutine ble benyttet og med en ny etterspørselsmodell som tar utgangspunkt i trafikantenes generaliserte reisekostnader og elastisiteter mht. generalisert tid (Norheim og Johansen 2000).
4. For **NSB** og **Telemark** ble Kristiansand-modellen benyttet, men med en del utviklingsarbeid for å oppdatere og forbedre kostnadsdelen (Bekken mfl. 2003 og Longva mfl. 2003).

Prinsippene i disse analysene er basert på samme modellstruktur, men de har litt ulik etterspørsels- og kostnadsfunksjon. Når det gjelder kostnadsfunksjonen, er det viktigste skillet mellom skinnegående transport og et rent busstilbud. Samtidig er det lokale forskjeller ved at de fleste modellene har tatt utgangspunkt i den konkrete kostnadssituasjonen i de selskapene som analyseres.

FINMOD er en modell som kan fungere som et redskap for å se på ulike optimale innretninger av offentlige virkemidler på et overordnet nivå for regioner og mindre lokale områder (Larsen 2004). Som en overordnet modell, behandler den ikke

enkeltruter, men benytter aggregerte nivåer på tilbud og etterspørsel av kollektivtransport.

FINMOD er et generelt rammeverk som må tilpasses og kalibreres de ulike geografiske områdene den skal benyttes på og til ulike transportmidler. Dette har den fordelen at betraktningene blir tilpasset den lokale etterspørselen og tilbudssituasjonen i et område. Ulempen med dette er at modellen for hvert område må kalibreres slik at den gjenspeiler det aktuelle området best mulig når det gjelder tilbud og etterspørsel.

Kjernen i FINMOD er skillet mellom produksjonsavhengige og dimensjonerende kostnader. Rutetilbudet blir videre delt inn i et basistilbud som er likt hele driftsperioden samt et dimensjonerende og ikke-dimensjonerende rushtilbud. Det som påvirker kostnadene vil da være dimensjonerende vognbehov, kapitalkostnadene for denne vognparken og de produksjonsavhengige kostnadene i og utenfor rushperioden. Et sentralt spørsmål i denne sammenheng vil derfor være å få kalibrert kostnadselementene i den dimensjonerende produksjonskapasiteten, dvs.:

1. Driftskostnader per rutekm, avhengig av vognstørrelse, driftsart og periode
2. Kapitalkostnader per buss, avhengig av vognstørrelse og driftsart

Hovedformålet med dette dokumentet er å se på kostnadsmodulen innenfor FINMOD. Det eksisterer andre modeller for kostnadene for kollektivtransport som FINMOD kan dra nytte av. Målsettingen er å få en bedre kvalitet på kostnadssiden ved å sammenligne med andre modeller for kostnadssiden i kollektivtransporten samt å forenkle og å standardisere kalibreringen av kostnadssiden mest mulig.

I flere fylkeskommuner benyttes Alfamodellen til beregning av tilskudd til kollektivselskapene. Det er derfor viktig at FINMOD er mest mulig konsistent med denne. Alfamodellen er benyttet gjennom flere år og fungerer dermed som en referanseramme for tilskuddsforhandlingene. I tillegg har rutebilstatistikken historisk samlet en del informasjon om kostnadssiden. Vi vil i denne rapporten benytte disse og flere andre datakilder som en generell referanseramme for å kalibrere FINMOD.

## 2 FINMOD og modellens referansedata

En operatør som tilpasser tilbudet ut fra egen forretningsmessig vurdering vil gjøre tilbudet så bra at trafikkinntekten ved en ytterligere forbedring av tilbudet vil balansere mot kostnaden ved å forbedre tilbudet.

Fra et samfunnsmessig synspunkt gir dette for dårlig tilbud. Grunnen er at operatøren ikke får noen inntekt som motsvarer nytten for de eksisterende trafikanter av et bedre tilbud. Operatøren vil derfor undervurdere nytten av å forbedre tilbudet.

TØI har utviklet, og i flere prosjekt anvendt, en enkel modell for å simulere operatørens tilpasning under ulike beskrankinger og med ulike målfunksjoner. Denne modellen går under navnet FINMOD.<sup>1</sup>

Bruk av modellen krever at vi kjenner etterspørselsfunksjonen, dvs. hvordan etterspørselen varierer med takster og tilbud. Dette gjør at vi kan beregne trafikkinntekt og konsumentoverskudd som funksjon av takster og tilbud.

Videre trenger vi en formalisering av operatørens kostnadsfunksjon som angir hvordan operatørens kostnader varierer med tilbud (målt i kjørte km i rute), antall passasjerer og kapasitet (målt i kapasitet per kjørt km). Vi trenger også en restriksjon som angir maksimal praktisk kapasitetsutnyttelse.

I selve målfunksjonen kan vi få modellen til å optimalisere på et samfunnsmessig optimalt tilbud eller et bedriftsøkonomisk optimalt tilbud. Det samfunnsmessig optimale tilbudet maksimerer summen av trafikkinntekter + konsumentoverskudd – operatørkostnad.<sup>2</sup> Den bedriftsøkonomiske optimaliseringen tar imidlertid ikke hensyn til konsumentoverskuddet.

Modellen er spesifisert slik at den krever bruk av en prosedyre for ikke-lineær optimering med ikke-lineære bibetingelser (beskrankinger på målfunksjonens parametere). Dette har blitt gjort gjennom programpakken Gauss.

Verken etterspørselsfunksjon eller kostnadsfunksjon er normalt kjent i utgangspunktet, og det har vist seg at operatører i kollektivtrafikk ikke er godt informert om sin egen kostnadsstruktur. Formålet med dette dokumentet er å dokumentere kostnadssiden av

FINMOD og beskrive mulig standardiseringer knyttet til kalibreringen av en kostnadsfunksjon

### 2.1 Hovedstrukturen i Finmod

Hovedstrukturen i FINMOD innebærer at kostnadene for operatørene deles inn i fire hovedelementer:

1. Kapitalkostnader
2. Produksjonsavhengige kostnader
3. Passasjeravhengige kostnader
4. Systemkostnader

Disse delkostnadene vil avhenge av effektiviteten i ruteproduksjonen og kostnadene for innsatsfaktorene, dvs:

- Utnyttelsesgraden/reservekapasiteten for vognparken
- Kostnadene for vognene avhengig av størrelse
- Omløpshastigheten for ruteproduksjonen og dermed vognbehov for en bestemt kapasitet
- Produksjonsavhengige kostnader per rutekm eller rutetime

I tillegg kommer de samfunnsmessige kostnadene inn i beregningene ved:

- Trafikantenes nytte eller kostnad av endret tilbud
- Samfunnsmessige effekter av overført trafikk
- Samfunnsmessige kostnader ved skattefinansiering

Vi vil i denne rapporten se på de bedriftsøkonomiske kostnadene som er lagt til grunn i de ulike analysene og hvordan disse kan standardiseres og kalibreres.

#### 2.1.1 Kapitalkostnader

Kapitalkostnadene skal gjenspeile den årlige kostnadene knyttet til det rullende materiellet. Noe forenklet sagt skal det gjenspeile de årlige kostnadene knyttet til å binde kapital i vognparken.

De sentrale faktorene for størrelsen på kapitalkostnadene er:

- **Vognparkens størrelse.** Hvor stor må vognparken være for å dekke tilbudet i den maksimale timen.

<sup>1</sup> Modellen har i andre sammenhenger blitt betegnet som Simmod og Soptram.

<sup>2</sup> Her kan vi også legge inn et ekstra ledd for å ta hensyn til at en del av trafikantene har bil som alternativ og at bilistene eventuelt ikke betaler sine samfunnsmessige marginalkostnader.

Her spiller fremføringshastighet og reguleringstid en viktig faktor sammen med ruteplanleggingen. I tillegg spiller størrelsen på reservevognparken en rolle. Det er nødvendig med en viss grad av reservekapasitet for å dekke inn vogner som bryter sammen i driftstiden eller er til vedlikehold.

- **Enhetsprisen for nytt materiell.** Når en vogn utranteres må en ny kjøpes inn. Det er derfor prisen på en ny vogn som bør være referanserammen – ikke innkjøpsprisen for den som utranteres.
- **Levetid på materiellet.** For å finne de ”korrekte” kapitalkostnadene, må vognparken avskrives over materiellets faktiske levetid. I regnskap avviker ofte avskrivningstiden fra dette, slik at kapitalkostnadene i regnskapene blir annerledes enn de vi ønsker å finne.
- **Avskrivingsrente.** Kapitalkostnadene skal gjenspeile at det koster å binde kapital. Avskrivingsrenten skal ta hensyn til dette. Her vil det også være en forskjell mellom bedriftsøkonomi og samfunnsøkonomi.

Kapitalkostnadene blir i hovedsak bestemt ut fra vognbehovet i den dimensjonerende timen. Dersom vi forutsetter at selskapene ikke har en unødvendig stor vognpark skal den nødvendige vognparken (inkl. reserve) være lik den eksisterende vognparken. Dette kan være et godt utgangspunkt for beregningene.

Enhetsprisen på materiellet, levetiden på det og avskrivingsrenten er i liten grad selskapsesifikk. Det kan derfor i stor grad standardiseres. En kalibrering av kapitalkostnadene er gjennomført i Kapittel 4.

### 2.1.2 Produksjonsavhengige kostnader

De produksjonsavhengige kostnadene skal reflektere hva det koster å produsere et tilbud som en funksjon av ulike kjennetegn ved tilbudet. De produksjonsavhengige kostnadene er både avhengig av distansen som kjøres og tiden som brukes på å kjøre dette tilbudet. I FINMOD inngår kun distanseavhengige kostnader. Dette innebærer at de kostnadene som normalt relateres til tid (eks lønn) må gjøres om til kilometeravhengige kostnader. Her vil hastigheten spille en sentral rolle. De produksjonsavhengige kostnadene er kalibrert i Kapittel 3.

#### Distanseavhengige kostnader

De distanseavhengige kostnadene for en operatør er de kostnadene som direkte følger av antall utkjørte kilometer. Dette er i hovedsak energikostnader og

drifts- og vedlikeholdskostnader. I tillegg blir ofte forsikring inkludert i dette.

Mange av disse kostnadene kan til en viss grad standardiseres. Energi/drivstoffkostnadene er imidlertid en sentral faktor. Erfaringsmessig har det vist seg at prisen på drivstoff kan svinge en god del. Det er derfor grunn til å holde denne utenfor, slik at enhetskostnadene kan justeres for en forventet gjennomsnittlig energikostnad. Dette er gjort i Alfamodellen og bør gjøres i FINMOD. Dette vil også ha en virkning på bilbruken som også er innarbeidet i modellen.

#### Tidsavhengige kostnader

De kostnadene som mest naturlig henger sammen med antall driftstimer er lønn/personalkostnader. Dette inkluderer lønn og sosiale kostnader. Det må i tillegg tas hensyn til at antallet timer i tjeneste totalt er større enn antallet tjenestetimer om bord i kjøretøy som er i rute (reguleringstid, sykdom, opplæring mv.). Kostnadene må også ta hensyn både til sjåfør og eventuelt om bordpersonale. Følgende faktorer er således viktige:

- Mannskap (avhenger av mannskapsutnyttelsen og mannskap per vogn)
- Mannskapsutnyttelse (avhenger av omløpshastighet, reguleringstid, rutehastighet, fremkommelighet etc. – hastighet avhenger av rutetype og rush eller grunntilbud)
- Timelønn (avhenger av type vogn, erfaring etc.)

Når kostnadstall drøftes, er det viktig å skille mellom effektivitet/utnyttelse og enhetskostnadene. Det er trolig slik at enhetskostnadene til lønn etc. per time er relativt lik over hele driftsperioden. Det som kan gi ulike kostnader per kilometer er dermed utnyttelsen av arbeidskraften eller den effektive vogntiden.

I FINMOD er hastigheten lagt inn som et gjennomsnitt likt for alle periodene. Ved tidligere bruk av FINMOD det blitt tatt hensyn til mindre effektiv mannskapsutnyttelse i rushtiden ved å legge til grunn en høyere timepris. Vi ønsker imidlertid å standardisere mest mulig, slik at å holde den gjennomsnittlige hastigheten som en egen variabel kan være mer relevant enn å benytte ulike enhetskostnader.

### 2.1.3 Passasjeravhengige kostnader

En del av kostnadene i kollektivtransporten er avhengig av antall passasjerer. Det mest håndfaste er kostnadene ved billettering. Flere passasjerer medfører også behov for lenger stopp på holdeplassene og

dermed en tidskostnad. Denne vil vi imidlertid anta er innarbeidet i kjøreplanen og dermed slår ut i driftskostnader på den måten. Andre element som er relatert til antall passasjerer er kundeservice, billettsalg og en del administrasjonskostnader.

I de fleste kostnadsmodellene vi har sett på er disse kostnadene i all hovedsak lagt inn i de andre kostnads-komponentene. Typisk legges kundeservice og kostnadene ved billettsalget inn i de generelle administrasjonskostnadene. I FINMOD er likevel dette holdt utenfor og tatt inn som en egen kostnadskomponent. Bakgrunnen er at FINMOD fokuserer på gevinsten for samfunnet og dermed også på passasjerene, mens andre modeller i stor grad fokuserer på kostnadene ved en gitt ruteproduksjon.

### 2.1.4 Systemkostnader

Systemkostnader er kostnader som i liten eller ingen grad berøres av antall passasjerer, frekvens eller andre driftsmessige forhold. Det er imidlertid vanskelig å definere disse godt. Typiske slike kostnader er administrasjon, trafikkledelse, vakt hold og verksteder og vognhaller (husleie og en del maskiner og utstyr).

I FINMOD blir systemkostnadene i stor grad beregnet som et residual av de øvrige kostnadene og de regnskapsmessige kostnadene. Dette betyr at systemkostnadene kan variere mellom ulike selskap og kan virke noe tilfeldig.

## 2.2 Operasjonalisering av enhets-kostnader for bruk i FINMOD

Kostnadsfunksjonen i FINMOD er i utgangpunktet satt opp slik at den skiller mellom fem kostnadsleddene ovenfor.

- **Produksjonsavhengige kostnader.** Dette er kostnader som henger sammen med rutekjøringen. Kostnadene uttrykkes i FINMOD som *kostnader per vognkilometer* og inkluderer tomkjøring. Dette kan sammenlignes med de distanseavhengige kostnadene i andre modeller. De produksjonsavhengige kostnadene er operasjonalisert slik de varierer med vognstørrelse og indirekte med hastighet. Kapittel 3 tar for seg denne kostnads-komponenten.
- **Dimensjoneringskostnader/kapitalkostnader.** Dette er den årlige kostnaden ved den nødvendige vognparken. Kostnadene uttrykkes som et fast beløp per år. Beløpet regnes ut ved å neddiskontere nyprisen over forventet levetid og med en gitt

rentesats. Kostnadene vil variere med vognstørrelse (innkjøpspris) og hastighet (størrelsen på den nødvendige vognparken). I kapittel 4 går vi inn på operasjonaliseringen av dette.

- **Passasjeravhengige kostnader.** Dette er kostnader som avhenger av antall passasjerer som fraktes. Dette kan noe forenklet ses på som billetteringskostnader. I operasjonaliseringen er kostnadene forutsatt uavhengig av hastighet og vognstørrelse. Vi vil i avsnitt 5.1 komme nærmere inn på dette.
- **Andre kostnader/systemkostnader.** I FINMOD opereres det med driftsavhengige kostnader og kjørevegskostnader i tillegg til kostnads-komponentene ovenfor. Dette har vi diskutert i avsnittene 5.2 og 5.4.
- **De driftsavhengige kostnadene** er kostnader som påløper så lenge det er drift i systemet, men som ikke er avhengig av størrelsen på driften. Disse er derfor uttrykt som kostnader per driftstime og er således uavhengig av vognstørrelse og hastighet. **Kjørevegskostnader** er kostnader som i modellen påløper som et fast beløp per år. Ut fra betraktningene som tidligere og systemkostnader og variable kostnader, kan dette trolig bedre benevnes som systemkostnader

De samlede årlige kostnadene for et kollektivsystem i FINMOD kan uttrykkes som:

$$C_{SUM} = C_{Produksjonsavhengig} + C_{Dimensjoneringskostnader} + C_{Passasjeravhengige} + C_{Driftsavhengig} + C_{Kjøreveg}$$

I motsetning til for eksempel Alfamodellen, benytter ikke FINMOD tidsavhengige driftskostnader som egen faktor. Disse er imidlertid lagt inn i de produksjonsavhengige kostnadene. Formålet med denne rapporten er å gå gjennom de ulike komponentene for å finne gode gjennomsnittlige estimat.

## 2.3 Om Alfamodellen/Busskost

BUSSKOST er en normert kostnadsmodell som gir gjennomsnittlige enhetskostnader for bussdrift fordelt på fire ulike rutegrupper og fem ulike vogngrupper. Busskost ble utviklet av Asplan Viak i 1985 for beregninger av kostnader ved bussdrift.

Alfa-modellene er en videreutvikling av normtalls-modellen BUSSKOST. Alfamodellen blir benyttet i forhandlingene mellom enkelte fylkeskommuner og rutebilselskap om de årlige tilskuddene. Modellen er et detaljert regneark som basert på en del informasjon

beregner hva de ulike selskapene trenger i tilskudd for å kjøre et gitt rutenett.

Inndelingen i Alfamodellen skiller, som BUSSKOST, mellom størrelsen på bussene og på hva slags type kjøring de utfører. Størrelsen fordeles i fem ulike *vogngrupper*, mens type kjøring fordeles i fire ulike *rutegrupper*. Dette gir en 5X4matrise for fordelingen av ulike kostnadskomponenter.

Grunnlaget for kostnadene i både Alfamodellen og BUSSKOST er basert på et bredt sammensatt datagrunnlag og oppdateres årlig i henhold til prisstigningen på de ulike innsatsfaktorene.

I og med at FINMOD inneholder kontinuerlig funksjoner, mens Alfamodellen inneholder diskrete inndelinger, vil en konvertering fra Alfamodellen til FINMOD innebære en estimering basert på den 5x4 matrisen som Alfamodellen inneholder.

For forskjeller i rutegruppe har vi i konverteringen tatt utgangspunkt i den estimerte middelhastigheten i de ulike gruppene. For vogngruppene er det imidlertid noe vanskeligere siden disse er inndelt etter intervall. Det er ikke sagt at middelverdien av intervallet er likt med fordelingen av vognparken i det samme intervallet.

## 2.4 Andre utredninger for enhetskostnader og kostnadsstruktur for kollektivtransport

I forbindelse med driftsprosjektet i Oslopakke 2, har Vista (2002) laget en rapport med anbefalte enhetskostnader for bruk i Oslopakke 2. Formålet med disse kostnadstallene var å gi et grunnlag for å beregne kostnadsnivået ved ulik driftsopplegg, slik at sammenlikninger er mulig. I Vista (2002) gis det anbefalte verdier for enhetskostnader for både solobuss, boggiebuss, leddbuss, trikk, t-bane, kombibane og lokaltog. Notatet er i stor grad basert på en rapport for Vegdirektoratet fra 1998 (Vista 1998), som utreder enhetskostnader og kostnadsstruktur for kollektivtransport. Denne har vært et utgangspunkt for veilederen for nytte-kostnadsanalyser (Minken mfl. 2000). Enhetskostnadene i Vista (2002) som er foreslått for lokaltog tar utgangspunkt i Jernbaneverkets håndbok for nytte/kostnadsanalyse.<sup>3</sup> Vedlikeholdskostnadene er basert på Eriksen mfl. (1999).

Siden Vista (2002) tar utgangspunkt i Alfamodellen/BUSSKOST for bussdriften, er den mer et

supplement til disse modellene enn et sammenligningsgrunnlag. Når det gjelder trikk, T-bane, kombibane og lokaltog, er Vista (2002) også basert på andre kilder. For disse er notatet en god sammenligning av kostnadstallene for ulike driftsformer på skinner.

I kalibreringen mener vi derfor at for bussdrift er det best å benytte seg av Alfamodellen/Busskost, siden disse er grunnlaget også for Vista (2002). For skinnegående kollektivtransport gir imidlertid Vista (2002) en god oppsummering av andre kilder og er derfor et godt utgangspunkt.

<sup>3</sup> Jernbaneverket. Metodehåndbok JD 205. Samfunnsøkonomiske analyser for jernbanen.

## 3 Produksjonsavhengige kostnader

I FINMOD uttrykkes de produksjonsavhengige kostnadene som kostnader per kilometer. Dette omfatter all kjøring også posisjonering, slik at FINMOD ikke skiller mellom kostnadene for rutekjøring og posisjoneringskjøring.

Mer konkret er de produksjonsavhengige kostnadene per år i FINMOD uttrykt som:

$$C_{\text{Produksjonsavhengig}} = (t_1 + t_2) * (c_{\text{bas}} + d_{\text{bas}} * (s_3 + \text{staa})) * \text{pos} * \text{km} * u[5] + t_1 * (c_{\text{ex}} + d_{\text{ex}} * (s_1 + \text{staa})) * \text{pos} * \text{km} * u[4]$$

hvor

- $t_i$  = antall driftstimer i året med rush ( $i=1$ ) og utenom rush ( $i=2$ ),  $t_1+t_2$ = samlet driftstimer i året
- $s_i$ = antall sitteplasser i snitt per vogn ved ekstrainnsatsen i rush ( $i=1$ ) og i basistilbudet ( $i=3$ )
- $\text{staa}$ = antall ståplasser (forutsatt fast)  $\rightarrow s_i + \text{staa}$  = antall plasser
- $\text{pos}$ = posisjoneringskjøring (påslagsfaktor på rutekjøringa)
- $\text{km}$ = gjennomsnittlig rutelengde alle ruter
- $u[5]$ = antall avganger per time grunntilbud
- $u[4]$ = antall avganger per time ekstrainnsats i rush
- $c_{\text{bas}}$ ,  $d_{\text{bas}}$ ,  $c_{\text{ex}}$ ,  $d_{\text{ex}}$  er kalibrerte konstanter og er beskrevet senere.

Modellen tar opp i seg ulikheter i vognstørrelsen i rush og ordinært tilbud ved at kostnadene er avhengig av antall plasser (sitteplasser + ståplasser) og at dette kan være forskjellig fra basistilbudet til ekstrainnsatsen i rush. Det er i den forbindelse viktig å ha i bakhodet at tilbudet i rushtiden er sammensatt av både basistilbudet og ekstrainnsatsen i rush.

De produksjonsavhengige kostnadene beregnes først ut fra vognstørrelsen. Dette gir to ulike kostnadsfunksjoner per kilometer avhengig av vognstørrelsen. Funksjonen ovenfor (2) aggregerer dette ved å ta hensyn til de ulike kostnadsfunksjonene, antall timer driftstimer og utkjørte kilometer (inkludert posisjoneringskjøring) for basistilbudet og ekstrainnsatsen.

Under vil vi gå gjennom de ulike kostnads-komponentene som vi i FINMOD har inkludert i de produksjonsavhengige kostnadene. Det hele er til sist

oppsummert og sammenlignet med anslag som tidligere har blitt benyttet.

### 3.1 Personalkostnader

Personalkostnadene er en svært viktig del av kostnadene i det meste av kollektivtransporten. I de fleste normtallsmodeller vi har sett på, slik som Alfamodellen, BUSSKOST og i Vista (2002), knyttes personalkostnadene til en tidsavhengig kostnadskomponent. I utgangspunktet er dermed ikke disse kostnadene kilometeravhengige.

Dette er en av de største forskjellene mellom FINMOD og andre modeller, siden FINMOD knytter personalkostnadene til kilometer. En enkel tilnærming for dette er imidlertid å dele personalkostnadene per time på den gjennomsnittlige hastigheten. Vi vil benytte denne tilnærmingen for å kontrollere for de beregningene vi har gjort mellom annet for Grenland. Ut fra dette vil vi gi noen anbefalte verdier.

#### 3.1.1 Mannskapsutnyttelse

Antall timer i rute samt antall timer i posisjonskjøring gir et anslag på et teoretisk optimal utnyttelse av mannskapet. Det vil imidlertid være behov for et påslag for å justere for ekspederings-tid, tid til uttak av vogner, ventetid mellom avganger med mer. Mannskapsutnyttelsen kan derfor skrives som:

$$\text{Antall årsverk} = \{(\text{rutetimer} + \text{timer i posisjonskjøring}) / \text{timer per årsverk}\} * \text{påslagsfaktor}$$

I Telemarkprosjektet (Bekken mfl. 2003) varierte denne påslagsfaktoren fra 1,4 til 2,4. Gjennomsnittet var imidlertid på ca. 1,5. De største avvikene skjer derfor oppover og gjelder for selskap som har få ruter spesielt knyttet til skolekjøring. I Vista (2002) sine beregninger for Oslo-pakke 2 er det lagt til grunn at regulerings-tiden utgjør 25 % av driftstiden. Ut over dette er det antatt et påslag på 20 % for indirekte tid. For skinnegående transport er det i Vista (2002) lagt til en faktor på 30 %.

Alfamodellen har en komplisert utregning av optimalisert sjåførtid for hvert enkelt selskap i beregningen av tilskuddene. Deretter sammenlignes

dette med netto ”anvendt” tid, noe som indirekte gir en påslagsfaktor. For vårt formål er det imidlertid ikke noe poeng å gjøre en detaljert beregning av dette.

Det vil være vanskelig å benytte en standard påslagsfaktor for ineffektiv mannskapsutnyttelse. Vår anbefaling vil likevel være å følge Vista (2002) for Oslo og dermed benytte en faktor på 1,2 for buss og 1,3 for skinnegående. I mindre byområder, slik som Grenland, vil en noe høyere påslagsfaktor være aktuelt. Et anslag kan være en faktor på 1,4. I distriktene bør det benyttes en enda høyere faktor. Her gir utgangspunktet i Vista (2002) for stort avvik.

### 3.1.2 Lønnskostnader

Lønnskostnadene vil avhenge av den tarifferte månedslønnen. Denne er et resultat av ansiennitetsreglene. Tillegg for ubekvem arbeidstid og helligdager, samt arbeidsgiveravgift og sosiale kostnader vil også påløpe.

Nedenfor gjengis forslaget fra Vista (2002) til enhetsatser for personalkostnader (kroner per driftstid) for ulike driftsarter. Driftstimen er definert som tid i rute + reguleringstid.

Tabell 3.1: Personalkostnader – lønn per time og per rutekilometer. Kilde: Vista (2002); oppjustert til 2004-kroner

Enhetskostnader – tidsavhengig	[kr/driftstid]	Rutehastighet (km/t)	Kroner per km <sup>(4)</sup>
Solobuss	248	22	11,30
Boggibuss	248	22	11,30
Leddbuss	248	22	11,30
Trikk	375	22	17,10
T-bane	375	32	11,70
Kombibane	429	35	12,30
Lokaltog	831	50	16,60

TØI-rapport 734/2004

Beløpene oppgitt i Vista (2002) kan ikke benyttes direkte i FINMOD siden de er basert på tid. I Tabell 3.1 har vi imidlertid også tatt med de omregnede kostnader per kilometer. Utrekningen er basert på hastighet i rute. Den reelle hastigheten ved både rute og posisjoneringsskjøring vil avvike fra dette. Tabellen gir et anslag for personalkostnadene per kilometer lik kr 11,33 for buss. Dersom vi tar hensyn til at den reelle gjennomsnittshastigheten er høyere, vil dette anslaget også måtte reduseres.

Ved å ta utgangspunkt i lønnskostnader per kilometer fant vi for Telemark (Bekken mfl. 2003) varia-

sjoner mellom kr 7 og 13,50 per kilometer for ulike operatører. Gjennomsnittlig lønnskostnad per kilometer for hele Telemark lå på ca. kr 9,10 per kilometer (2004-kroner). For selskapene i Grenland lå det tilsvarende kostnaden per kilometer på kr 8,90 per km (2004-kroner). Dette forutsatte en gjennomsnittlig hastighet på ca. 23 km/t og inkluderte posisjoneringsskjøring.

Utrekningene ovenfor gir et dårlig grunnlag for å anbefale verdier for lønnskostnad per kilometer. Dette bør derfor optimalt beregnes for hvert enkelt tilfelle. For områder som kan sammenlignes med Grenland kan imidlertid utrekningene for Grenland være et aktuelt utgangspunkt.

I Vista (2002) er personalkostnader ved administrasjon etc. inkludert i lønnskostnadene. Dette forklarer forskjellen mellom tallene fra Grenland som er basert på Alfamodellen og tallene fra Vista (2002). For vårt formål er det tallene basert på Alfa-modellen som er av størst interesse.

### 3.1.3 Fordeling rush vs ikke rush

Vi har dessverre ikke nok kunnskap til å fordele kostnadene detaljert mellom rush og ikke rush. I og med at vi benytter en gjennomsnittlig hastighet vil forskjellen i hastigheten mellom disse to periodene ha noe å si. Poenget er at en lavere hastighet gir færre utkjørte kilometer å fordele personalkostnadene på. For eksempel vil en hastighet på 25 km/t gi ca. 9 % flere utkjørte kilometer enn med en hastighet på 23 km/t og dermed redusere personalkostnadene per kilometer tilsvarende.

I tillegg utnyttes skiftene dårligere i rush sammenliknet med utenfor rush. Dette gir trolig opphav til større forskjeller, men er svært vanskelig å ta hensyn til. I Kristiansand ble en forskjell på drøyt 25 % benyttet mellom personalkostnadene i rush og utenfor rush. For Telemark derimot, fikk rushtiden et påslag på 25 % over gjennomsnittet, slik at forskjellen ble vesentlig større. Det beste er om denne forskjellen regnes ut eksplisitt for hvert tilfelle. Alt annet innebærer en eller annen grad av kvalifisert gjetning. Som et utgangspunkt har vi imidlertid tatt hensyn til dette i vår beregnede funksjon ved en justeringsfaktor som kommer i tillegg til hastighetsforskjellen.

### 3.1.4 Oppsummert – personalkostnader buss

Basert på resonnementene ovenfor kan vi oppsummere våre anbefalte personalkostnader i følgende funksjon:

$$\text{Personalkostn.} = 8,9 * (23 \text{ km/t})^{\wedge} \text{kr } 1,5 \text{ per km}$$

<sup>4</sup> Dette tar utgangspunkt i alle kostnader fordelt på all ruteproduksjon. Det tilsvarende fordelt på rutekilometer for buss gi 13,8 kroner pr rutekilometer.

Faktoren 23 representerer ”utgangshastigheten” for funksjonen. Denne er satt slik siden den gir en enhetskostnad lik 8,9, som for Grenland. Dette kan fungere som et utgangspunkt for vurderinger i byområder, men bør kontrolleres opp mot faktiske regnskapsforhold. Faktoren 1,5 er benyttet for å ta hensyn til at det er forskjeller i utnyttningen av mannskapene i rush og ordinær drift. I tabellen nedenfor viser vi hva denne funksjonen innebærer for ulike hastigheter. Den siste kolonnen viser den relative forskjellen i utnyttingsgrad av arbeidskraften som funksjonen innarbeider i forhold til ”utgangshastigheten på 23 km/t.

Tabell 3.2: Hastighet og kalibrerte personalkostnader per kilometer

Hastighet (km/t)	Kostnad per km	Underliggende utnyttingsgrad av arbeidskraft (relativt til ved 23km/t) <sup>5</sup>
<b>23</b>	<b>8,90</b>	<b>1,00</b>
18	12,86	0,87
20	10,98	0,93
22	9,51	0,98
24	8,35	1,02
26	7,40	1,06
28	6,63	1,09

TØI-rapport 734/2004

En annen alternativ fremgangsmåte er å benytte en funksjon for personalkostnader i basistilbudet og en for rushtidstilbudet. Det er denne fremgangsmåten som tidligere har blitt benyttet i FINMOD. Vi har heller ikke nå noe godt utgangspunkt for å sette en påslagsfaktor, men vil benytte faktoren 1,2. Sammenlignet med funksjon 2.2 tilsvarer denne forskjellen i hastigheten fra 23 km/t i basistilbudet og 20,5 i rushtilbudet. Funksjonene blir dermed som følger for henholdsvis basistilbudet og rushtilbudet:

*Personalkostn. basistilbud* = 8,9 kr per km

*Personalkostn. ekstrainsats* = 8,9 kr per km \* 1,2

### 3.1.5 Personalkostnader øvrige driftsarter

I Vista (2002) er personalkostnadene fordelt per kilometer som i Tabell 3.3. Dette er basert på lønnskostnadene som er vist i Tabell 3.1 og justert for mannskapsutnyttelse med mer. Siden vi ikke har noe godt datagrunnlag til å si noe om fordelingen mellom rush

<sup>5</sup> Dette uttrykker den ineffektiviteten av arbeidskraften det er regnet med for avvik fra 23 kmt. Dette virker i tillegg til den direkte forskjellen som hastigheten har på kostnadene pr kilometer.

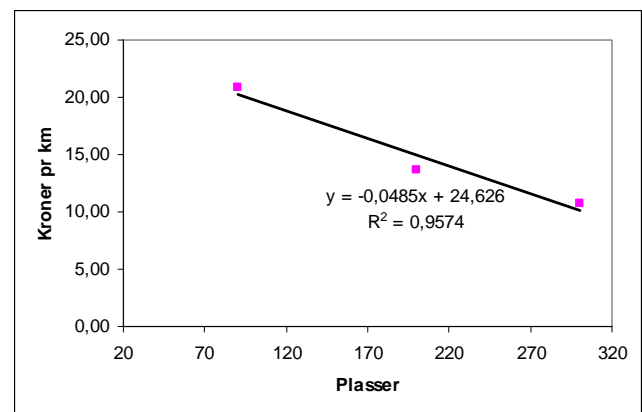
og basistilbud forutsetter vi at det ikke er noen slik forskjell for disse driftsartene.

Tabell 3.3: Personalkostnader – lønn per time og per rutekilometer øvrige driftsarter (2004-kroner). Kilde: Vista (2002)

	Antall plasser	Kroner per rutekm	Estimert fra formel
Trikk	90	20,9	20,3
T-bane	200	13,7	14,9
Kombibane	120	15,0	18,8
Lokaltog	300	10,7	10,1

TØI-rapport 734/2004

På bakgrunn av Vista (2002) har vi estimert en funksjon som relaterer personalkostnadene til antall plasser. Vi har imidlertid valgt å holde kombibanen utenfor, siden denne skiller seg vesentlig ut. Den utgjør også en liten del av kollektivtilbudet i norske byer. De estimerte kostnadene for ulike driftsarter er vist i Tabell 3.3.



TØI-rapport 734/2004

Figur 3.1: Kalibrert funksjon for personalkostnader andre driftsarter (2004-kroner). Kilde Vista (2002)

Funksjonen for personalkostnader per kilometer for trikk, T-bane og lokaltog (oppjustert til 2004-verdier) gir opphav til følgende funksjoner:

*Personalkostn* = 24,6 – 0,05 \* antall plasser

Som Tabell 3.3 viser, gir dette en god tilnærming til Vista (2002). Siden kombibanene utgjør en liten del av kollektivtransporten anbefaler vi at denne funksjonen legges til grunn for all skinnegående transport innenfor det aktuelle spennet for antall plasser. Selv om hastigheten også her vil spille en sentral rolle, har vi ikke godt nok datagrunnlag til å ta hensyn til dette. I praksis betyr dette at funksjonens gyldighet er begrenset til de aktuelle hastighetene som er oppgitt i Tabell 3.1.



## 3.2 Drivstoff og energikostnader

Drivstoffkostnadene utgjør en betydelig mindre del av kostnadsbildet enn personalkostnadene for alle driftsartene. Dette er likevel en sentral faktor siden svingningene i drivstoffkostnadene kan gi opphav til store usikkerheter.

Når det gjelder skinnegående transport, er denne i all hovedsak elektrisk drevet. Det er dermed ikke drivstoffkostnaden som er av interesse, men energikostnadene. Vi vil imidlertid først ta for oss drivstoffkostnadene for busser.

### 3.2.1 Hastighet som kostnadsdriver

Alfamodellen fordeler kostnader på ulike typer rutekjøring. Fordelingen tar i all hovedsak utgangspunkt i en gjennomsnittlig hastighet for ulike rutetyper. Tabell 3.4 viser inndelingen i rutegrupper i Alfamodellen.

Tabell 3.4: Rutegrupper i Alfamodellen

Rutegruppe	"Basis"-hastighet (km/t)
Rutegruppe I	17,5
Rutegruppe II	25
Rutegruppe III	35
Rutegruppe IV	45

TØI-rapport 734/2004

Alfamodellen benytter derfor hastighet som kostnadskomponent *indirekte* gjennom plassering i rutegruppe. Selv om Alfamodellen benytter en "basis" hastighet for hver gruppe er dette kun utgangspunkt for gruppeinndelingen. Selve beregningene baserer seg på faktisk beregnede gjennomsnittshastigheter i hver enkelt gruppe for hvert enkelt selskap.

### 3.2.2 Vognstørrelse som kostnadsdriver

Fordelingen av kostnader etter størrelsen i Alfamodellen skjer etter en inndeling i fem ulike vogngrupper. Tabell 3.5 viser definisjonen av de ulike vogngruppene.

Tabell 3.5: Vogngrupper i Alfamodellen

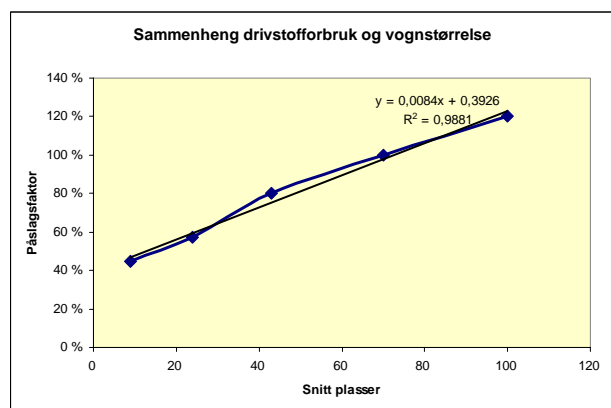
Vogn- definisjon	Totalvekt tonn, fra - til	Passasjer ant. fra - til (*)	Snitt Sitteplasser
Vogngruppe 1	Inntil 6	inntil 16	12
Vogngruppe 2	6,1 10	17 30	22,5
Vogngruppe 3	10,1 14	31 43	37,5
Vogngruppe 4	14,1 og over	44 og over	48
Vogngruppe 5	18 og over	Leddbusser	60

\* Inkluderer ståplasser  
TØI-rapport 734/2004

Som tabellen viser, skjer inndelingen etter både vekt og kapasitet. I FINMOD inngår ikke faktoren vekt, slik at vi i all hovedsak vil fokusere på kapasiteten. Kalibreringen tar utgangspunkt i et gjennomsnittlig belegg for hver av de ulike vogngruppene.

### 3.2.3 Drivstoffforbruk

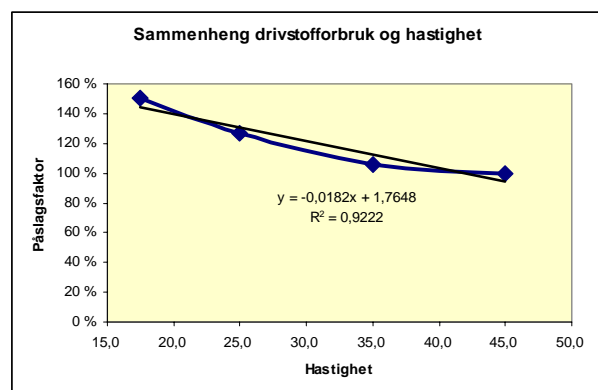
Drivstoffforbruket er helt klart avhengig av vognstørrelsen. Vi har benyttet standardverdiene i Alfamodellen sammen med vår omregning fra diskrete vogngrupper til kontinuerlig vognstørrelse. Dette gir en sammenheng som i Figur 3.2 for forholdet mellom vognstørrelse og drivstoffforbruk.



TØI-rapport 734/2004

Figur 3.2: Sammenhengen mellom drivstoffforbruk og vognstørrelse i Alfamodellen

Dette viser at drivstoffforbruket per kilometer, slik det benyttes i normtallsmodellene, relativt enkelt kan gjøres om til en tilnærmet lineær funksjon av vognstørrelsen.



TØI-rapport 734/2004

Figur 3.3: Sammenhengen drivstoffforbruk og hastighet. Kilde: Alfamodellen

Det er også klart at drivstofforbruket er avhengig av hastigheten som egen forklaringsvariabel. Figur 3.3 viser den standardberegningen som benyttes i normtallsmodellen Alfamodellen.

Drivstofforbruket beregnet i Alfamodellen har som utgangspunkt en hastighet på 45km/t. Dette gir for en "standardbuss" med 45 seter og 25 ståplasser et driftsforbruk på 0,325 liter per km. Ved å ta hensyn til dette i funksjonen i Figur 3.3, finner vi at følgende funksjon kan representere drivstofforbruket for en buss med 70 seter som en funksjon av hastigheten:

$$\text{Drivstofforbruk per km} = (0,57 - 0,006 * \text{hastighet i km/t})$$

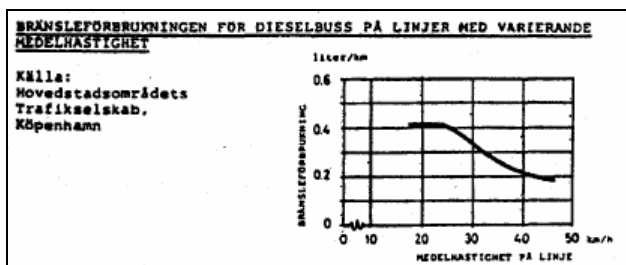
For en buss med hastighet lik 20km/t gir denne funksjonen et drivstofforbruk lik 0,45 liter per km. I Tabell 3.6 har vi hentet eksempler på drivstofforbruk fra Miljøhåndboken (Kolbenstvedt, Solheim og Amundsen 2000).

Tabell 3.6: Eksempler på gjennomsnittlig drivstofforbruk for bensindrevne personbiler og gjennomvarme tunge dieselmotøyer under ulike kjøreforhold. Liter/mil.  
Kilde: Vägverket 2001

Biltype	Kjøreforhold	Liter/mil
Personbiler	- Bykjøring	1,1
	- Landevegskjøring	0,7
Lastebiler 3,5-10 tonn	- Bykjøring	2,6
	- Landevegskjøring	2,2
Lastebiler 10-20 tonn	- Bykjøring	4,0
	- Landevegskjøring	3,4
Busser 3,5 tonn	- Bykjøring	4,8
	- Landevegskjøring	3,0

TØI-rapport 734/2004

Figur 3.4 er hentet fra det Svenske Vägverkets effekt-katalog for kollektivtrafikk (Vägverket 2001) og viser drivstofforbruket for en dieslbuss med varierende middelhastighet.



TØI-rapport 734/2004

Figur 3.4: Drivstofforbruk dieslbuss med varierende hastighet. Kilde: Vägverket 2001

I Samstad (2004) pekes det på at drivstofforbruk og fart henger sammen på en måte som kan beskrives med en U-formet kurve: Lave hastigheter med stadige akselerasjoner gir høyt forbruk og det samme gjør høye hastigheter, mens mellomtingen er mer økonomisk. Mens kurvaturen spiller en stor rolle i "landlig" transport er forsinkelser på grunn av kø en viktig faktor for hastigheten og drivstofforbruket i bytrafikk. For kollektivtrafikken i by gjelder dette i den grad den kjører sammen med øvrig trafikk. Dessuten kan det tas hensyn til stopp ved holdeplasser.

Tatt i betraktning at Figur 3.4 viser situasjonen på flat veg og jevn hastighet og de gjennomsnittstallene som er vist i Tabell 3.6, synes tilnærmingen som er gjort i Alfamodellen å være god i forhold til disse kildene. Vi vil derfor legge Alfamodellen til grunn.

### 3.2.4 Drivstoffkostnad

Drivstoffkostnadene varierer over tid og består av et vesentlig element med avgifter. Både prisnivået og avgiftsnivået på drivstoff er derfor viktig i modellen. Ideelt bør derfor, disse kostnadene trekkes ut av modellen. Dette vil også gi mulighet for å se på effekter av ulike drivstoffkostnader og avgifter. Tabellen under viser hva som er lagt inn som forutsetning for drivstoffkostnadene for 2003.

På grunn av en vesentlig endring i momsloven for kollektivtransport har merverdiavgiftssatsen for 2004 blitt vesentlig redusert i forhold til 2003 hvor selskapene ikke fikk noen motregning av momsen og dermed måtte betale alt.

Tabell 3.7: Priskonstruksjon for dieselolje i normtallsystemet for 2004. Kilde: Asplan Viak 2003

2004	Lavsvovel	Høysvovel
PLATT prisgrunnlag for 2004	165,0	165,0
Pristillegg lavsvovel (= < 0,005% svovel)	23,5	0,0
CO2-avgift	51,0	51,0
Autodieselavgift (lavsvovel)	288,0	323,0
Anlegg/overføring	8,0	8,0
Selskapets avanse	30,0	30,0
Sum uten merverdiavgift	565,5	577,0
Merverdiavgift	4 %	4 %
Sum inkl. merverdiavgift	588,1	600,1

TØI-rapport 734/2004

Uten noen bedre grunnlag bør vi legge til grunn den samme prisen som legges til grunn i Alfamodellen og i

Busskost for fremtiden. Prisen på 588 øre/l tilsvarer en pumpepris på 700 øre/liter med 24 % merverdiavgift.

### 3.2.5 Faktorer for drivstoffkostnader

Basert på momentene ovenfor er det klart at det er tre elementer som er viktige når det gjelder å finne en funksjon som kan representere drivstoffkostnadene ved bussdriften. Dette er vognstørrelsen, hastigheten og drivstoffprisen. Sammenhengene ovenfor kan oppsummeres i følgende formel:

$$\text{Drivstoffkostnader per km} = (0,39 + 0,0084 * \text{antall plasser}) * (0,57 - 0,006 * \text{hastighet i km}) * \text{drivstoffpris i kroner}$$

Denne funksjonen er generell. I FINMOD har hastigheten tidligere ikke inngått direkte i denne funksjonen, men det har blitt tatt hensyn til ved å legge til grunn ulik hastighet i rush og den øvrige driftsperioden. Funksjonen ovenfor gir for en drivstoffpris lik 5,88 samt 70 plasser en drivstoffutgift lik henholdsvis kroner 2,51 ved 22 km/t og 2,45 ved 24 km/t.

I beregningene for Grenland (Bekken 2003), var den gjennomsnittlige hastigheten 22,9 km/t. Det ble antatt at dette fordelte seg med 22km/t i rush og 24 km/t utenfor. Dette gir påslagsfaktorer på "basis" drivstofforbruk på henholdsvis 1,36 og 1,33. Basis drivstofforbruk er i Alfamodellen satt lik 0,325 liter per km.

Basert på påslagsfaktoren for forbruksnormen og sammenhengen mellom drivstofforbruk og vognstørrelse samt drivstoffprisen på 5,88 kroner, finner vi følgende faktorer for drivstoffkostnadene for hastigheter på henholdsvis 22km/t og 24 km/t:

$$\text{Drivstoffkostnader basistilbud kroner per km} = (0,39 + 0,0084 * \text{antall plasser basistilb}) * (1,33 * 0,325) * 5,88 \text{ kroner} = 0,99 + 0,021 * \text{antall plasser basistilb}$$

$$\text{Drivstoffkostnader ekstrainsats i rush per km} = (0,39 + 0,0084 * \text{antall plasser rush}) * (1,36 * 0,325) * 5,88 \text{ kroner} = 1,01 + 0,022 * \text{antall plasser rush}$$

Dette gir en kostnad per kilometer for vår "standard" buss på henholdsvis kr 2,55 og kr 2,46 per kilometer.

I Vista (2002) legges det til grunn en energikostnad på kr 1,50 for en buss tilsvarende den "standard" bussen vi har benyttet (45 sitteplasser). Med en hastighet på 22 km/t. Denne kostnaden er imidlertid fratrukket avgifter. Tabell 3.7 viser at avgiftene utgjør mer en halvparten av drivstoffprisen. Legger vi dette til, får vi

at Vista (2002) legger en høyere drivstoffpris til grunn. De har imidlertid fordelt dette kun på rutekilometer, slik at per utkjørte kilometer blir forskjellen betydelig mindre.

### 3.2.6 Energifkostnader - skinnegående transport

De kildene vi har benyttet for å utlede energikostnadene for den skinnegående transporten er Vista (2002) og Bekken (2002). Energifkostnader antar vi kun å være avhengig av kilometer og vognstørrelsen slik at det ikke er noen forskjell strukturelt mellom rush og basistilbudet når det gjelder forbruk per motorvognsett per kilometer.

Fra veileder for nytte/kost for jernbanen er 3 kroner per kilometer (år 2000-priser) oppgitt som energikostnader for motorvognsett. NSB har imidlertid i budsjett for 2002 oppgitt energikostnader som tilsvarer kr 5,60 per togkilometer. I Nicolaysen (1990) er energikostnadene ved et "lite" lok estimert til 0,99. Ved å benytte energikostnaden per kilometer for et "gjennomsnittlig" togsett og estimatet for energikostnader ved et "lite" lokomotiv estimerte vi i Bekken (2002) en lineær sammenheng som under for energikostnadene for et togsett:

$$\text{Energifkostnader} = 1,30 + 0,0145 * (\text{plasskapasitet})$$

I Tabell 3.8 har vi benyttet dette for ulike skinnegående driftsarter og sammenstilt med de anbefalte verdiene i Vista (2002). I tillegg har vi estimert en revidert funksjon som bedre passer til de ulike driftsartene:

$$\text{Energifkostnader} = 1,00 + 0,0100 * (\text{plasskapasitet})$$

Vi ser at det ikke er noen store utslag i resultatene for de ulike funksjonene. Den reviderte funksjonen stemmer imidlertid best overens med Vista (2002), noe som også var formålet, vi vil derfor legge denne til grunn for all skinnegående transport. Usikkerheten i disse anslagene er naturlig nok stor siden kildene er så få og relativt usikre i seg selv.

Tabell 3.8: Energifkostnader med ulike beregningsmetoder (2004-kroner). Kr/km

	Antall plasser	Vista 2000	Bekken 2002	Revidert funksjon
Trikk	90	2,6	2,7	2,6
T-bane	200	3,6	4,3	3,7
Kombibane	120	3,6	3,1	2,9
Lokaltog	300	5,2	5,8	4,7

TØI-rapport 734/2004

### 3.3 Rengjøring

I FINMOD er ikke rengjøringskostnader en egen komponent. Disse kostnadene inngår i de øvrige driftskostnadene. Siden de ulike normtallsmodellene benytter rengjøringskostnader som egen faktor vil vi imidlertid behandle dette for seg før vi inkluderer det i de øvrige driftskostnadene.

#### 3.3.1 Buss

For vask og rengjøring benyttes det i Alfamodellen en standard beregning som tar utgangspunkt i en fast kostnad per vogn samt et tillegg for utkjørte kilometer. Det faste leddet utgjør et relativt lite bidrag slik at den kilometeravhengige delen dominerer.

Dersom det faste leddet også fordeles på kilometer, så finner vi en gjennomsnittlig kostnad på ca. kr 0,64 per kilometer.

Dette gir følgende formel for rengjøringskostnadene per kilometer:

$$\text{Rengjøringskostnader} = 0,64 \text{ kroner per kilometer}$$

Dette svarer godt til gjennomsnittet for Telemark i 2003 for denne kostnadsposten. Sett i forhold til klargjøringskostnadene i Vista (2002) på kr 1,67 per kilometer er imidlertid dette noe lavt. Dette er et uttrykk for at kostnadene er definert noe ulikt.

#### 3.3.2 Skinnegående driftsmiddel

Klargjøringskostnadene/renngjøringskostnadene for skinnegående transport har vi i stor grad utledet på samme måte som for de andre driftskostnadene. Dette gir følgende funksjon:

$$\text{Klargjøring} = (0,0692 - 0,001 * \text{km/t}) * (\text{plasser})$$

I Tabell 3.9 har vi sammenlignet resultatet fra denne funksjonen med grunnlaget gitt i Vista (2002). Tabellen viser at vår tilnærming er en god representasjon av grunnlaget i Vista (2002).

Tabell 3.9: Rengjøringskostnader ulike driftsarter (2004-kroner)

	Antall plasser	Hastighet	Vista 2002 Kr/km	Formel Kr/km
Trikk	90	22	4,3	4,2
T-bane	200	32	7,0	7,4
Kombibane	120	35	3,9	4,1
Lokaltog	300	50	5,4	5,8

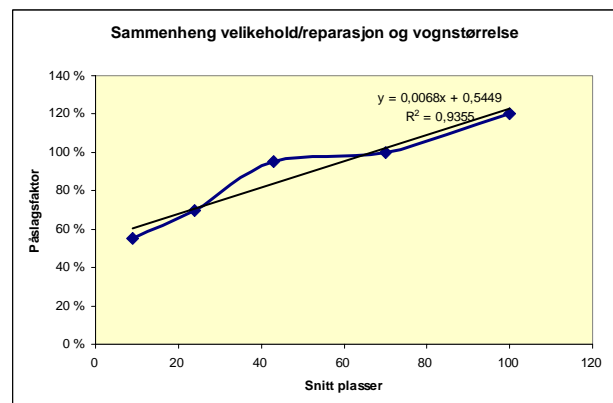
TØI-rapport 734/2004

### 3.4 Andre driftskostnader

I ALFA-modellen beregnes kostnadene til gummi, deler og service/vedlikehold og reparasjoner som selvstendige faktorer. Dette er unødig detaljert og gir helt klart mange ulike kontrollproblemer og spillsituasjoner mellom bestiller og operatør. I FINMOD inngår alle disse kostnadene i det som betegnes som øvrige driftskostnadene og fordeles på lik linje med personalkostnader og drivstoffkostnader som kostnader per kilometer. I tillegg gir FINMOD muligheter for å fordele disse ut fra vognstørrelsen.

#### 3.4.1 Buss

Som for drivstoffkostnadene varierer andre driftskostnader med vognstørrelsen. Basert på standardiseringen i Alfamodellen finner vi sammenhengen som i Figur 3.5 for bussdriften.



TØI-rapport 734/2004

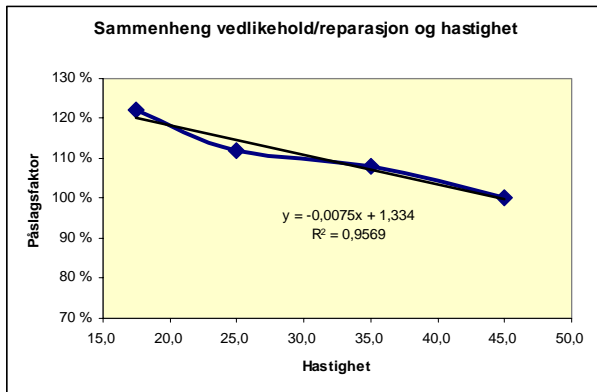
Figur 3.5: Sammenhengen vedlikehold/reparasjon og vognstørrelse. Kilde: Alfamodellen

Dette tar utgangspunkt i de standardiserte kostnadene per km og kan dermed enkelt innarbeides i FINMOD. Disse kostnadene antar vi er uavhengig av om det er rush eller ikke rush. Dette er en forenkling som vi velger i mangel av noe bedre. Med utgangspunkt i en standard faktor lik kr 2,74 for en buss med 45 seter og 25 ståplasser gir dette følgende funksjon ved en hastighet lik 45km/t:

$$\text{Andre driftskostnader (kroner per km)} = 2,74 * (0,54 + 0,0068 * \text{antall plasser rush}) \text{ eller } (1,48 + 0,0186 * \text{antall plasser})$$

Kostnadene per kilometer for alle faktorene ovenfor varierer til en viss grad med hastigheten. Variasjonen er imidlertid ikke spesielt stor. I Alfamodellen skiller

det 22 % i kostnader per kilometer fra en gjennomsnittsfart på 45 til en fart på 17,5 km/t.



TØI-rapport 734/2004

Figur 3.6: Sammenhengen vedlikehold/repasjjon og hastighet

Basert på forutsetningene ovenfor om sammenhengen mellom andre driftskostnader og vognstørrelse samt en gjennomsnittlig hastighet på 20 km/t finner vi dermed denne forenklede funksjonen:

$$\text{Andre driftskostnader (kroner per kilometer)} = 1,18 * 2,74 * (0,54 + 0,0068 * \text{antall plasser}) = 1,75 + 0,022 * \text{antall plasser}$$

Dette gir en kostnad lik kr 3,23 per kilometer. Til sammenligning benytter Vista (2002) en kostnad lik kr 3,00 per rutekilometer. For 2003 var beløpet i gjennomsnitt for Telemark lik kr 2,70 per kilometer. Det kan dermed se ut som om vår estimering gir litt for store kostnader. Det er imidlertid for busser trolig større slitasje ved kjøring i bystrøk. Vi vil derfor inntil videre benytte anslaget ovenfor på øvrige driftskostnader.

Hastigheten inngår ikke direkte som en egen forklaringsvariabel for driftskostnadene i FINMOD slik den i dag er utformet. Dette kan enkelt tas hensyn til ved slå sammen funksjon 2.14 og funksjonen i Figur 3.6

$$\text{Andre driftskostnader (kroner per km)} = (1,48 + 0,019 * \text{antall plasser}) * (1,33 - 0,0075 * \text{km/t})$$

### 3.4.2 Skinnegående driftsmidler

Andre driftskostnader omfatter i all hovedsak vedlikehold. I Bekken (2002) beregnet vi vedlikeholdskostnadene per kilometer for intercitytog til å følge den enkle funksjonen:

$$\text{Vedlikeholdskostnader} = 0,084 * (\text{plasskapasitet})$$

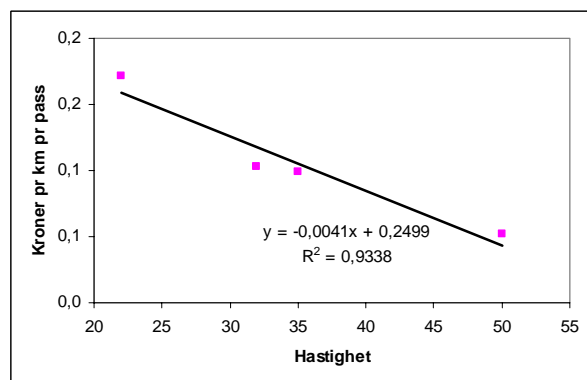
I Vista (2002) er tilsvarende kostnader regnet ut for flere andre skinnegående driftsmidler. I Tabell 3.10 er dette illustrert.

Tabell 3.10: Vedlikeholdskostnader for ulike driftsmidler. (2004-kroner)

	Antall plasser	Vista 2002 Kr/km	Bekken 2002 Kr/km
Trikk	90	15,5	7,8
T-bane	200	20,6	17,3
Kombibane	120	11,9	10,4
Lokaltog	300	15,5	26,0

TØI-rapport 734/2004

Tabellen viser at beregningene i Bekken (2002) ikke er spesielt godt tilpasset tallgrunnlaget fra Vista (2002). Dette skyldes at de er laget til bruk for intercitytog og ikke andre driftsmidler. En vesentlig årsak til forskjellene i vedlikeholdskostnader per kilometer er relatert til hastigheten. Dette er illustrert i Figur 3.7. Funksjonen i Bekken (2002) egner seg derfor ikke som en tilnærming til kostnadene for ulike driftsmidler med ulik hastighet.



TØI-rapport 734/2004

Figur 3.7: Sammenhengen mellom hastighet og vedlikeholdskostnader for ulike driftsmidler (2004-kroner).

Kilde: Vista 2002

Figur 3.7 indikerer at hastigheten er en viktig variabel å ta hensyn til. Dette kan enten gjøres ved at det legges til grunn ulike verdier for ulike hastigheter eller at hastigheten innarbeides som egen bit i driftskostnadene. På bakgrunn av figuren kan vi benytte følgende funksjon for vedlikeholdskostnadene per kilometer:

$$\text{Vedlikeholdskostnader} = (0,25 - 0,0041 * \text{km/t}) * (\text{plasser})$$



Resultatet av denne funksjonen er tatt inn i Tabell 3.11 og viser at denne funksjonen gir et relativt godt svar til grunnlaget i Vista (2002) for driftskostnadene for skinnegående transport.

Tabell 3.11: Vedlikeholdskostnader/øvrige driftskostnader for ulike driftsmidler (2004-kroner)

	Antall plasser	Hastighet	Vista 2002 Kr/km	Formel Kr/km
Trikk	90	22	15,5	14,4
T-bane	200	32	20,6	23,7
Kombibane	120	35	11,9	12,8
Lokaltog	300	50	15,5	13,5

TØI-rapport 734/2004

### 3.5 Sammenfatning av de drifts-avhengige kostnadene

Basert på gjennomgangen ovenfor har vi oppsummert de driftsavhengige kostnadene per kilometer. For buss har vi satt opp to alternative tilnæringer. I den ene funksjon er hastigheten eksplisitt tatt inn som en egen faktor. Den andre funksjonen følger tidligere bruk av FINMOD og standardiserer hastigheten til 22 km/t og 24 km/t for henholdsvis rushtilbudet og basistilbudet. Dersom hastigheten for et aktuelt område avviker fra den standardiserte, så bør funksjonen kalibreres på nytt.

#### 3.5.1 Buss (standardisert hastighet)

Summerer vi beløpene for bussiden i avsnitt 4.2.1-4.2.4 får vi følgende uttrykk for de driftsavhengige kostnadene per kilometer:

*Driftsavhengige kostnader per km i rush = 14,1 + 0,044 \* antall plasser*  
og

*Driftsavhengige kostnader per km basistilbud = 12,3 + 0,043 \* antall plasser*

I disse funksjonene er hastigheten indirekte med gjennom forskjellen i basistilbudet og ekstrainsatsen.

Med 70 plasser gir dette driftsavhengige kostnader på henholdsvis kr 17,10 og 15,30 per kilometer. Det gjennomsnittlige for hele Telemark var kr 14,70 per km i driftsavhengige kostnader. Den store forskjellen fra andre modeller er at kostnadene ovenfor i betydelig mindre grad varierer med vognstørrelsen enn tidligere. Dette henger sammen med at vi har valgt å holde personalkostnadene uavhengig av vognstørrelsen. Slik

tariffene er lagt opp, spiller ikke vognstørrelsen inn. Det vil imidlertid kunne være viktige variasjoner om vi ser på minibusser. For busser med mer enn 17 plasser er det imidlertid liten grunn til å legge inn en variasjon i lønnskostnadene som avhenger av vognstørrelsen.

Basert på dette finner vi følgende anbefalte verdier for modellkalibreringen:

Tabell 3.12: Anbefalte verdier til FINMOD – BUSS

Faktor for FINMOD	Anbefalt verdi	Faktorer benyttet i andre sammenhenger
cbas	12,3	Grenland: 7 Kr sand: 9 Hordaland: Oslo: 12,5
dbas	0,043	Grenland benyttet 0,12 Kr sand 0,08 Hordaland: Oslo: 0,2
ceX	14,1	Grenland benyttet 8 Kr sand: 12,25 Hordaland: Oslo: 20
dex	0,044	Grenland benyttet 0,3 Kr sand 0,15 Hordaland: Oslo: 0,25

TØI-rapport 734/2004

Tabell 3.13 oppsummerer hva dette utgjør i kostnader per kilometer for en "normalbuss" med 70 plasser.

Tabell 3.13: Sammenligning av driftsavhengige kostnader per km benyttet i ulike sammenhenger (2004-kroner)

Faktor for driftsavhengig kostnad	Rush	Basis	Kommentar
Anbefalt verdi i FINMOD	17,1	15,3	Den anbefalte verdien benytter en vesentlig lavere drivstoffpris enn de andre
Benyttet i Grenland	29	15,4	(Gjennomsnitt lik 18,46)
Benyttet i Kristiansand	25,1	16,1	(Gjennomsnitt lik 18,26)
Benyttet i Oslo (1993)	47	33	Ikke direkte sammenlignbar med de andre (omfatter også T-bane)
Anbefalt i Vista (2002)	17,8	17,8	
Normtall for Telemark 2003	14,7	14,7	

TØI-rapport 734/2004

Denne tabellen antyder at vi har lagt for stor vekt på plasskapasiteten i modellen for Grenland. Den viser også helt klart at en del av de tidligere beregningene

har benyttet for høye anslag på disse kostnadene. En del av forskjellen skyldes imidlertid ulike definisjoner.

Basert på tabellene ovenfor ser det ut til at de nye beregnede verdiene er betydelig mer presise enn de som ble benyttet for Kristiansand og i Grenland. En vesentlig forskjell er også relatert til den reduserte forskjellen mellom basistilbud og ekstrainsatsen. Den har trolig blitt overvurdert tidligere.

### 3.5.2 Buss med hastighet som direkte variabel

Vi har gjennom hele dette kapittelet også fokusert på den virkningen hastigheten har. De aktuelle funksjonene er oppsummert under:

**Personalkostn (kroner per km)=**

$$8,9 * (23 / \text{km/t})^{1,5} \text{ kr per km}$$

**Drivstoffkostnader (kroner per km)=**

$$(0,39 + 0,0084 * \text{antall plasser}) * \\ (0,57 - 0,006 * \text{hastighet i km/t}) * \\ \text{drivstoffpris i kroner}$$

**Rengjøringskostnader (kroner per km) =**

$$0,64$$

**Andre driftskostnader(kroner per km) =**

$$(1,48 + 0,0186 * \text{antall plasser}) * \\ (1,33 - 0,0075 * \text{km/t})$$

Summen av disse gir driftsavhengige kostnader som funksjon av antall plasser, hastighet og bensinprisen. Med en bensinpris på kr 5,88, en hastighet på 22 km/t og 70 plasser, gir dette driftsavhengige kostnader lik kr 15,90. Om vi antar en forskjell i hastigheten mellom rush og ordinær drift med henholdsvis 21 og 23 km/t, blir kostnadene lik 16,70 og 15,20. Denne funksjonen er vesentlig mer komplisert, men tar bedre hensyn til både hastighet og den viktige faktoren som drivstoffprisen utgjør.

Tabell 3.14: Andre beregninger av driftsavhengige enhetskostnader. Kilde: Vista (2002) og Vägverket (2001)

(kr/vognkilometer)	Buss	Trikk	T-bane	Jernbane <sup>6</sup>
Oslopakke 2	5,80 – 6.40 <sup>7</sup>	27,50	28,50 – 108,50	13,00
Oslo Sporveier <sup>8</sup>	8,00	30,00	39,00	-
JBVs håndbok	-	-	-	15,50
Vägverket 2001	7,25-8,05 (SEK)	-	-	-
Fører kostnader per rutekilometer (Vista 2002)	13,33	20,22	13,27	10,4

TØI-rapport 734/2004

<sup>6</sup> Kroner pr settkm, lokaltrafikk

<sup>7</sup> For leddbuss benyttes verdier fra 7,20 (SL) til 8,10 (OS).

<sup>8</sup> Kostnad pr settkm, det er regnet med 2-vogner sett for trikk og 3-vogners sett for T-bane.

Dersom denne funksjonen skal benyttes i FINMOD bør den differensieres mellom rush og basistilbud, slik at forskjell i antall plasser og hastighet mellom de to ulike periodene kommer med.

### 3.5.3 Skinnegående driftsarter

I Tabell 3.14 gjengir vi et utvalg av enhetssetter brukt i Oslopakke 2 (O2), Jernbaneverkets håndbok og nye tall fra Oslo Sporveier.

Denne tabellen holder personalkostnadene utenfor i motsetning til hva vi har gjort. Sammenstillingen her viser at kostnadsforutsetningene for trikk og T-bane fra tidligere Oslopakke 2-beregninger og fra Oslo Sporveier ligger vesentlig høyere enn tilsvarende kostnader for jernbane og buss. Dette er et uttrykk for at beregningsgrunnlaget for de distanseavhengige kostnadene ikke er de samme for alle driftsmidler. For å kunne gjøre vurderinger mellom ulike transportformer er det viktig at beregningsgrunnlaget er konsistent.

Siden vi for skinnegående transport ikke skiller mellom rush og basis når det gjelder driftskostnadene, blir denne funksjonen noe enklere. Her har vi imidlertid med hastigheten som en funksjon i seg selv.

Personalkostnadene og energikostnadene har vi forutsatt uavhengig av hastigheten. Til sammen gir disse følgende funksjon:

$$C1 = 25,626 - 0,0385 * \text{plasser}$$

Rengjøring og de andre driftskostnadene er avhengig av hastigheten med følgende formel oppsummert:

$$C2 = (0,3192 - 0,0051 \text{ km/t}) * \text{plasser}$$

Satt sammen gir disse funksjonene følgende uttrykk:

$$C1 + C2 = 25,626 + 0,2807 * \text{plasser} - 0,0051 * \text{km/t} * \text{plasser}$$

Med referanse til faktorene i likning 2 gir dette følgende verdier på de faktorene som skal kalibreres:

$$c_{bas}=c_{ex} = 25,626$$

$$d_{bas}=d_{ex} = (0,2807-0,0051 \text{ km/t})$$

Sistnevnte krever noe endring i modellen slik at hastigheten kommer bedre inn. Eventuelt kan det legges inn separat. Forskjellen i det leddet som varierer med antall sitteplasser blir imidlertid som i Tabell 3.15 ved ulike hastigheter:

Tabell 3.15 Variasjoner i det variable leddet

Km/t	Variabelt ledd for ulike hastigheter
20	0,1787
25	0,1532
30	0,1277
35	0,1022
40	0,0767
45	0,0512
50	0,0257

TØI-rapport 734/2004

I Tabell 3.16 har vi vist hvordan formelen for de kilometeravhengige kostnadene blir sammenlignet med det som er oppgitt i Vista (2000). Vi ser at det er en del avvik spesielt for T-bane og kombibane. Dette understreker problemene med å utvikle kostnadsfunksjoner som skal dekke alle de skinnegående driftsmidlene. Forskjellene er imidlertid ikke så store at dette ikke kan legges til grunn i generelle betraktninger. Det er også lite trolig at faktorene i Vista (2002) er de "korrekte".

Tabell 3.16: Kilometeravhengige kostnader oppsummert for skinnegående transportmidler. Kilde: Vista 2000

	Antall plasser	Hastighet	Vista (2002)	Formel
Kroner per km				
Trikk	90	22	41,90	42,10
T-bane	200	32	43,5	50,70
Kombibane	120	35	33,3	39,10
Lokaltog	300	50	35,7	34,40

TØI-rapport 734/2004

I grunnlaget for NSBs Intercity-segment (Bekken 2002) ble følgende kilometeravhengige kostnadsfunksjoner beregnet:

$$\text{Kilometeravhengige kostnader i rush} = 30,51 + 0,0968 * (\text{plasskap})$$

$$\text{Kilometeravhengige kostnader u/rush} = 22,47 + 0,0878 * (\text{plasskap})$$

Den modellen vi har beregnet er helt klart ikke gyldig for driftsmidler som NSBs intercity. Dette henger i hovedsak sammen med at hastighetsjusteringen blir for dominerende ved slike hastigheter. Jeg vil anbefale at dette avgrenses til et utfallsområde med en maksimal hastighet på ca. 50 km/t. Med en hastighet på over 70km/t for NSB intercity faller den godt utenfor gyldighetsområdet. For skinnegående transport med en hastighet over ca. 50 km/t anbefales det å legge Bekken (2002) til grunn.



## 4 Dimensjoneringskostnader

I FINMOD inngår kapasitetskostnadene som et eget ledd i kostnadsfunksjonen gjennom følgende relasjon:

$$C_{\text{Dimensjoneringskostnader}} = 1.000.000 \cdot \text{ovdim} \cdot (\text{amort} \cdot \{ \text{pos} \cdot \text{km} \cdot u[4] \cdot \text{kapke} \cdot \{ c00 + c01 \cdot (s_1 + \text{staa}) + c02 \cdot (s_1 + \text{staa})^2 \} + \text{pos} \cdot \text{km} \cdot u[5] \cdot \{ c00 + c01 \cdot (s_3 + \text{staa}) + c02 \cdot (s_3 + \text{staa})^2 \} \}) / \text{km/t}$$

hvor

ovdim = faktor for nødvendig overdimensjonering av vognparken

amort = amortiseringsfaktor som gir årlige kostnader for den beregnede nyprisen av hele vognparken

kapke = faktor som uttrykker andel av vognparken i rushperioden som allerede er nedskrevet. I utgangspunktet satt lik 1

km/t = gjennomsnittlig hastighet for alle ruter, kilometer i timen

c00, c01 og c02 er kalibrerte konstanter og beskrevet senere.

Dimensjoneringskostnadene skal i utgangspunktet si noe om den årlige nedskrivingsverdien på vognparken. Det er tre faktorer som er viktige i den forbindelsen:

- Gjenanskaffelsesverdien for vognparken (enhetskostnaden)
- Den forventede levetiden (avskrivingslengden)
- Den nødvendige størrelsen på vognparken

Som funksjon 3 viser, har vi forutsatt en konveks kostnadsfunksjon for gjenanskaffelsesverdien for vognene avhengig av antall plasser. Bakgrunnen for dette kommer vi inn på nedenfor sammen med den forventede levetiden (avskrivingstiden).

Den nødvendige vognparken blir bestemt ut fra behovet i den maksimale rushtimen. Som tidligere nevnt består denne av både basistilbudet og ekstra-innsatsen. Det er derfor nødvendig å dele opp funksjonen slik vi har gjort. I tillegg kreves det en viss overdimensjonering i forhold til det som til en hver tid er i drift. I dette kapittelet vil vi gå igjennom grunnlaget for kalibreringer av dimensjoneringskostnadene i FINMOD. Tabell 4.1 oppsummerer hvilke verdier for årlige vognkostnader som er benyttet tidligere.

Tabell 4.1 Vognkostnader per år i ulike modeller (2004-kroner). Alt er tilnærmet som for en buss med 70 plasser

	Kapitalkostnader per vogn per år	Kommentar
Oslo (1993)	232.000	20 års avskrivning, 7 % rente
Kristiansand	280.000	10 års avskrivning, 7 % rente
Telemark	167.000	25 års avskrivning, 7 % rente
Vista (2003)	268.000	12 års avskrivning, 7 % rente

TØI-rapport 734/2004

### 4.1 Gjenanskaffelsesverdien

#### 4.1.1 Enhetskostnad for buss

I Alfamodellen er det oppgitt busskostnader for de ulike vogn- og rutegruppene og med forskjellige alternativer etter utstyrnivå.<sup>9</sup> Busskostnadene blir jevnlig oppdatert basert på informasjon som samles inn av Asplan Viak. Vi har tatt utgangspunkt i oppdateringen for 2004 (Asplan Viak 2003) og basert oss på en "normalbuss" uten mye ekstraustyr. Forslaget til normtall for 2004 er gitt i Tabell 4.2. Kostnadene som er lagt til grunn i Oslopakke 2 (Tabell 4.4) er noe høyere enn det vi her benytter. Dette skyldes at beregningene for Oslopakke 2 inkluderer en generell materiellreserve på 10 %. Trekker vi fra dette blir grunnlaget relativt likt. Siden vi i FINMOD setter materiellreserven utenfor selve kostnadsmodellen bør "rene" normtall for busskostnader legges til grunn.

Tabell 4.2: Forslag til normtall 2004 for busskostnader (middels alternativ). 1000 kroner. Kilde: Bussanbud 2004

Rutegruppe	Vogngruppe				
	1	2	3	4	5
I	600	1 280	1 640	1 870	2 920
II	600	1 280	1 640	1 900	2 920
III	600	1 280	1 640	1 900	2 920
IV	600	1 280	1 640	2 000	2 920

TØI-rapport 734/2004

Disse anslagene holder hjulkostnadene utenfor siden disse nedskrives over flere år og dermed inngår i

<sup>9</sup> Inndelingen er a) en helt enkel buss uten vesentlig utstyr, b) en "normalbuss" uten mye ekstraustyr, men lavgulv for bybusser, og c) en "normalbuss" med en del tilleggusutstyr, automatgir og lavgulv for bybusser.

driftskostnadene. Tabellen viser at forskjellen i pris hovedsakelig går på vogngruppe, dvs. størrelsen på bussen. Vår kalibrering tar utgangspunkt i rutegruppe 4 siden dette er antatt å være den mest vanlige rutegruppen. Kostnadsfunksjonen vi skal kalibrere for FINMOD er uttrykt ved:

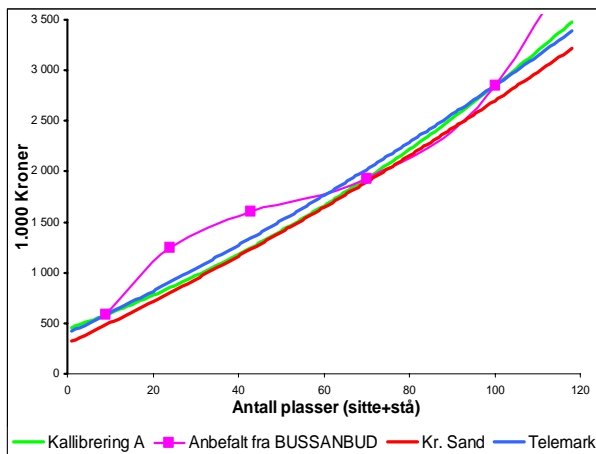
$$\text{Dimkostnader per buss} = (C00 + C01 * c + C02 * (c)^2)$$

hvor  $c$  = antall plasser per vogn ( $s_i + \text{staa}$ )

C00, C01 og C02 er konstanter som skal kalibreres slik at de best mulig passer til kostnadene oppgitt i Tabell 4.2.

En eksakt kalibrering er umulig, slik at ulike tilnæringer må gjøres. I den forbindelse er det også viktig å ta hensyn til at det er en maksimal størrelse på bussene og at det er de større bussene som dominerer. I kalibreringen har vi lagt liten vekt på vogngruppene 2 og 3. Bakgrunnen er at det er relativt få kjøretøy i disse gruppene, spesielt i gruppe 2 og at kostnadene ved disse skiller seg vesentlig ut fra en kostnadstrend med utgangspunkt i de andre vogngruppene.

Kalibreringene er vist i Figur 4.1. Kalibreringen er gjennomført slik at summen av kvadratene til avvikene fra Alfamodellen for hver av de ulike vogngruppene er minimert. For å illustrere forskjellen i ulike kalibreringer, har vi inkludert kalibreringene slik de ble gjort for både Kristiansand og Grenland i figuren.



TØI-rapport 734/2004

Figur 4.1: Kalibrerte kostnader for ulike modeller for kostnaden ved ny buss og anbefalte verdier i Alfamodellen (BUSSANBUD 2003)

Konstantene som ligger til grunn for denne kalibreringen er vist i Tabell 4.3. I den samme tabellen er tidligere benyttede kalibreringer også vist.

Tabell 4.3: Kalibrering av vognkostnad i ulike modeller (2004-kroner)

Faktor	Kalibrering	Kristiansand	Telemark	Oslo
C00	0,46	0,34	0,41	0,31
C01	0,015	0,023	0,021	0,031
C02	0,000096	0,000045	0,000046	0,000094
Kostnad ved standard buss <sup>10</sup>	1 980 000	2 140 000	2 070 000	2 550 000

TØI-rapport 734/2004

Den anbefalte verdien fra Alfamodellen for en ”standard” buss er 1.980.000, slik at avviket i kalibreringen ikke skiller seg vesentlig fra dette.

#### 4.1.2 Enhetskostnad trikk, T-bane, kombibane og lokaltog

I enkelte områder kan det være andre transportmiddel enn buss som er aktuelle. I tabellen under har vi derfor gjengitt deler av et grunnlag utarbeidet av Vista (2002) for bruk i Oslopakke 2.

De enhetskostnadene for busser som er oppgitt i Tabell 4.4 ligger noe høyere enn det som blir lagt til grunn i Alfamodellen. Forskjellen er imidlertid forklart og tatt hensyn til ovenfor.

For andre transportmidler, slik som trikk, T-bane, kombibane og lokaltog mangler vi datagrunnlag til å kunne utlede en god kostnadsmodell basert på erfaringer. Vi vil derfor ta utgangspunkt i Vista (2002), men understreke at det her er nødvendig å innhente bedre tallgrunnlag for å gi pålitelige estimat.

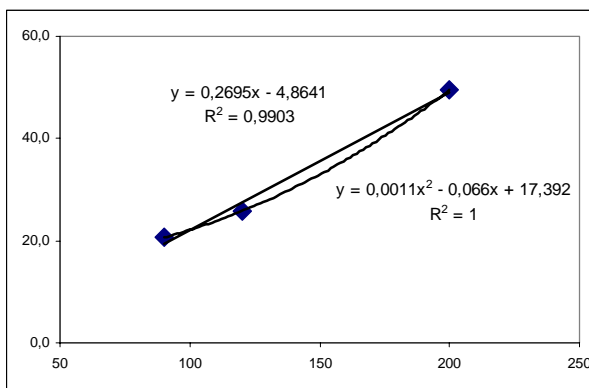
<sup>10</sup> I FINMOD vil dette si en 45 seters buss med 70 plasser inkludert 25 ståplasser.

Tabell 4.4: Forslag til enhetskostnader for ulikt materiell. Kilde: Vista 2002. (omregnet til 2004-kroner)

	Enhetspris (mill. 2004-kr)	Antall seter	Levetid (år)	Klargjøringskostnader (kr/dag)	Årlige materiellkostnader <sup>11</sup>
Lokaltog	56 719 000	300	25	2 269	5 360 000
Kombibane	25 781 000	120	25	1 031	2 243 000
T-bane	49 500 000	200	25	1 856	4 641 000
Trikk	20 625 000	90	25	928	1 980 000
Leddbuss	3 300 000	70	12	361	538 000
Boggibuss	3 094 000	65	12	309	496 000
Solobuss	2 372 000	45	12	258	372 000

TØI-rapport 734/2004

Basert på Tabell 4.4 finner vi at det for kategoriene kombibane, T-bane og trikk er en god konsistent i vognkostnadene sett i forhold til vognstørrelsen. Dette er illustrert i figuren under.



TØI-rapport 734/2004

Figur 4.2: Forhold mellom vognstørrelse og vognkostnad for trikk, T-bane og kombibane.

Denne sammenhengen gjør at vi kan bruke en felles funksjonsform for disse vognstypene. Funksjonsformen vil imidlertid ikke være like god om vi inkluderer lokaltog. Gyldighetsrommet for denne funksjonen bør derfor avgrenses av vognpark med antall seter fra ca. 90 til drøyt 200 eller til Trikk, T-bane og Kombibane. Dette gir en funksjon som under:

$$\text{Kapasitetskostnad per enhet} = 17,4 - 0,066 \text{ plasskap} + 0,0011 * (\text{plasskap})^2$$

Lokaltog kommer imidlertid vesentlig under trendlinjen for de andre driftsartene. Vi må derfor benytte en egen funksjonsform for disse. I NSB prosjektet beregnet vi en funksjon for enhetsprisene på intercity-

togene (Bekken 2002). Denne funksjonen er gjengitt nedenfor:

$$\text{Kapasitetskostnad per tog} = 30,8 + 0,01 * \text{plasskap} + 0,00026 * (\text{plasskap})^2$$

Denne funksjonen gir en enhetskostnad lik 57 mill. for et tog med 300 plasser. Dette stemmer svært godt overens med grunnlaget i Vista 2002. Vi anbefaler derfor at dette legges til grunn for lokaltog og intercity-tog. Dette vil si at denne funksjonen kan benyttes for driftsarter med kapasitet fra ca. 300 og oppover.

## 4.2 Forventet levetid (nedskrivningstid)

En vesentlig forutsetning for de årlige kostnadene ved drift av kollektivtransporten er nedskrivningstiden for vognparken.

### 4.2.1 Buss

I beregningene for Telemark og Kristiansand ble en avskrivingsperiode på henholdsvis 25 og 10 år benyttet for busser. I Alfamodellen som beregningene for Telemark er basert på, er levetiden til bussene satt til 25 år. I eksemplene til veiledningen for nyttekostnadsanalyse av kollektivtiltak er det benyttet 15 års avskrivning. I Vista (2002) er en avskrivingsperiode på 12 år anbefalt for busser i Oslopakke 2.

Selv om det i enkelte stilles krav til maksimal alder på vognene eller gjennomsnittlig alder er det viktig å ta hensyn til at vognene vil ha en restverdi selv om de ikke oppfyller eventuelle kontraktskrav. Dette tilsier at en nedskrivingsperiode på 12 år kan være fornuftig selv om kontrakten stille krav til en nyere vognpark.

<sup>11</sup> For alle materielltyper er det regnet med en kalkulasjonsrente på 7 % og lineær avskrivning over materiellets levetid. Kostnadene beregnes med utgangspunkt i en jevn utskifting av materiellparken, dvs. en gjennomsnittsalder tilsvarende halve levetiden. Det regnes med at materiellet utnyttes 300 dager per år. Det forutsettes en materiellreserve på 10 %.

Dette gir følgende enhetskostnader for materiell

En forkortet nedskrivningstid innebærer at de årlige kapital kostnadene ved bussparken blir noe høyere enn det Alfamodellen tilsier. Dersom avskrivningen blir for kort kan vi også komme opp i den situasjonen at selskapene kan benytte en allerede nedskrevet vognpark for å ta seg av de ekstreme trafikktoppene. Dette problemet ble erfart i kalibreringen av modellen for NSB. Dette trenger imidlertid ikke være noe problem så lenge det kommer tiluttrykk gjennom et redusert påslag for vognbehovet i rushperiodene.

En nedskrivningstid på 25 år er for lang tid gitt de kravene som faktisk stilles bussene og den kjørelengden som utføres. Nedskrivningstiden bør ta inn over seg disse forholdene. På bakgrunn av dette anbefaler vi å legge til grunn den samme levetiden som i Vista (2002) på 12 år. Ved beregninger utenfor byområder kan det imidlertid være aktuelt å legge til grunn en noe lenger nedskrivningstid. Dette kan imidlertid endres dersom andre momenter gjør seg gjeldende. Amortiseringsfaktoren blir dermed lik 11,77 basert på 7 % realrente.

#### 4.2.2 Trikk, T-bane, Kombibane og Lokaltog

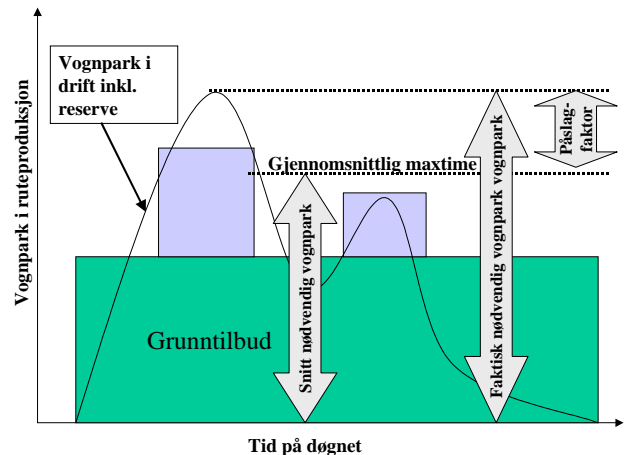
Andre driftsmidler enn buss kan ha en betydelig lengre nedskrivningstid. I Vista (2002) er det lagt til grunn en forventet levetid på 25 år for alle driftsmidler utenom busser. I beregningene for NSBs intercity-marked (Bekken 2002) ble det lagt til grunn en avskrivningstid på 20 år. Dette var imidlertid ikke reelt og ga en vesentlig restverdi på vognparken. På bakgrunn av dette og mangel av andre kilder vil vi anbefale også her å følge Vista (2002) sine anbefalinger. Det kan imidlertid være gode grunner for å benytte en lenger nedskrivningstid for enkelte driftsmidler basert på erfaringene om utskiftingstakt i for eksempel Oslo og for NSB. Dette gir en amortiseringsfaktor på 8,02

### 4.3 Den minste nødvendige vognparken og overdimensjonering

Størrelsen på vognparken er naturlig nok en viktig faktor for å beregne de årlige kapitalkostnadene. Det er to momenter som er viktige å ha med når denne skal beregnes.

Det vil alltid være noen busser til reparasjon eller står i reserve i tilfelle noe materiell bryter sammen. Dette *reservemateriellet* er nødvendig for å ha et pålitelig og godt kollektivtilbud. I Vista (2002) sine anbefalinger er dette tatt med i vognkostnadene. FINMOD holder imidlertid dette utenfor, slik at det kan varieres ut fra den gitte situasjonen.

I tillegg til reservemateriellet har våre beregninger den ulempen at de er basert på gjennomsnittsbetraktninger. Trafikken i den maksimale timen er dermed gjennomsnittet av alle timene som regnes som rush-timer. Figuren under viser denne problemstillingen.



TØI-rapport 734/2004

Figur 4.3: Illustrasjon av grunntilbud og ekstrainsats slik det er forenklet i modellen

I illustrasjonen over er reservemateriellet holdt utenfor. Vår beregningsmetode gjør det derfor nødvendig å benytte en påslagsfaktor slik at vi skalere den nødvendige vognparken opp slik at den gjenspeiler den faktiske vognparken.

Oftentimes it is difficult to assume that a company has an unnecessarily large vehicle fleet. The loading factor (ovdim) can therefore be calculated such that the calculated required vehicle fleet is scaled to the actual vehicle fleet the company has.

The model calculates the required vehicle fleet from the following formula:

$$\text{Vognpark} = (\text{pos} * \text{km} * (\text{avg1} + \text{avg3})) / \text{km/t}$$

This means that the vehicle fleet is equal to the number of kilometers in the average rush hour divided by the speed. This assumes an extremely effective utilization of the vehicle fleet.

The loading factor (ovdim in the function) must therefore correspond to the difference between the actual vehicle fleet and the calculated minimum required vehicle fleet in the average rush hour. The factor should also take into account the reserve material and that the model is based on average observations.

In the earlier models such as for Kristiansand, it was not used. For Grenland, a factor of 1.09 was used. This factor must be calculated for each individual case to get a good calibration.

Faktoren for Grenland stemmer imidlertid bra overens med de 10 % som benyttes i Vista (2002).

For andre driftsmidlene har vi ingen gode indiksjoner på den nødvendige overdimensjoneringen. Det er også slik at disse driftsmidlene i hovedsak vil være aktuelle i byer hvor produksjonen vil være av en viss størrelse og det derfor er grunn til å tru at dette vil variere lite både over tid og mellom byer. Å innarbeide denne i vognkostnadene slik det er gjort i Vista (2002) er derfor ikke noe stort problem. Det kan imidlertid være at en gammel vognpark krever større reservekapasitet. Vi vil likevel anbefale at det ikke benyttes noen faktor for den nødvendige overdimensjoneringen av vognparken, men forutsetter at dette inngår i vognkostnadene uttrykt i Vista (2002).

#### 4.4 Bruk av allerede nedskrevet materiell

I prosjektet for NSB IC (Fearnley, Bekken og Norheim 2003) var det enkelte modellmessige problem ved at de årlige kostnadene ved den minste nødvendige vognparken var større enn kapitalkostnadene. Dette skyldtes at en del av det materiellet som ble benyttet i rushtide allerede var nedskrevet og derfor i NSBs regnskap ikke hadde noen kostnad. Ved at avskrivningstiden i modellen dermed ikke stemte med den faktiske levetiden for vognene oppsto det derfor et problem som overdrev kostnadene ved ekstrainsatsen i rushtiden. Forutsatt at NSB ville fortsette å benytte avskrevet materiell i rushtiden ville kostnadene her overdrives.

På bakgrunn av dette innførte vi en faktor ”*kapke*” som andelen materiell ved ekstrainsatsen i rushperioden som skal nedskrives. Som utgangspunkt (*default*) bør denne settes lik 1. I de aller fleste tilfelle vil det ikke være bruk for denne faktoren.

Faktoren kan imidlertid benyttes for å se på endringer ved at lavere krav stilles til materiellet i rushtiden sammenlignet med basistilbudet.

#### 4.5 Bibetingelse for å avvikle trafikken

Som for vognparkens størrelse vil også størrelsen på hver vogn variere rundt gjennomsnittet. For at et selskap skal kunne avvikle trafikken slik at alle får plass med en rimelig komfort, kan derfor antall reisende per time ikke være større enn det som vognparken er dimensjonert for. I FINMOD er dette gjort ved å kreve en faktor for overdimensjonering av vognstørrelsen for henholdsvis rush og grunntilbudet. Faktorene ”*kapf1*” og ”*kapf3*” uttrykker behovet for overdimensjonering av vognenes størrelse for å ta høyde for svingningene rundt gjennomsnittet for henholdsvis basistilbud og ekstrainsats i rush.

For Telemark (Bekken 2003) ble faktorene  $kapf1=1$  og  $kapf2=1$  benyttet. Dette kan ha skapt en under vurdering av vognstørrelsen selv om dette er usikkert. For NSB IC (Bekken 2002) ble faktorene  $kapf1=1,5$  og  $kapf3=2,2$  benyttet. Siden faktoren spiller en relativt liten rolle, kan den so et utgangspunkt settes med default lik 1,5 for begge tidspunkt for alle transportmidler. Dette innebærer at maksimalt antall reisende per time må være 75 % mindre enn plasskapasiteten i den aktuelle timen.

#### 4.6 Oppsummering investerings-/vognkostnader

Basert på diskusjonen ovenfor, vil vi anbefale å legge følgende verdier til grunn i en utgangssituasjon for kapasitetskostnadene i henholdsvis bussdriften, drift av trikk, T-bane og kombibane og for lokaltog/Intercity:

## 4.6.1 Bussdrift

Tabell 4.5: Anbefalte verdier for kapasitetskostnader for bussdrift til bruk i FINMOD (2004-kroner)

Faktor i FINMOD	Anbefalt verdi	Kommentar
C00	0,46	
C01	0,015	Disse faktorene gjør at vi får en mer konveks kostnadskurve for en buss enn det Alfamodellen gir. Vi får imidlertid en god tilnærming til kostnadene for store busser, selv om kostnadene for små blir underdrevet.
C02	0,000096	
Ovdim	1,1	Denne bør kalibreres for hvert enkelt selskap slik at kostnadene stemmer. Som et utgangspunkt kan imidlertid en overdimensjonering på 10 % være en fornuftig tilnærming og i tråd med Vista (2002) og det som var utgangspunktet i beregningene for Grenland (Bekken 2003).
Amort	0,118	Denne er basert på 7 % rente og nedskrivning over 12 år. Med nedskrivning på 10 år benyttes faktoren 0,133 og med nedskrivning over 15 år faktoren 0,103
Kapke	1	Default. Benyttes kun i spesielle tilfelle.
Kapf1	1,5	Default
Kapf3	1,5	Default

TØI-rapport 734/2004

## 4.6.2 Trikk, T-bane og kombibane

Tabell 4.6 Anbefalte verdier for kapasitetskostnader for trikk, T-bane og kombibane til bruk i FINMOD (2004-kroner)

Faktor for FINMOD	Anbefalt verdi	Kommentar
C00	17,4	
C01	-0,066	Disse faktorene gjør at vi får en konveks kostnadskurve som tilnærmet er lik de oppgitte kostnadene for disse driftsartene. Vi må imidlertid sjekke om negative tall er og. Gyldighetsområdet må begrenses til området hvor antall plasser er fra ca. 100 til ca. 250.
C02	0,0011	
Ovdim	1,0	Denne kan være noe forskjellig, men en overdimensjonering på 10 % være en fornuftig tilnærming og i tråd med Vista (2002). Dette er imidlertid for disse driftsartene innarbeidet i enhetskostnadene.
Amort	0,0802	Denne er basert på 7 % rente og nedskrivning over 25 år. Med nedskrivning på 20 år benyttes faktoren 0,088 og med nedskrivning over 30 år faktoren 0,075
Kapke	1	Default. Benyttes kun i spesielle tilfelle.
Kapf1	1,5	Default
Kapf3	1,5	Default

TØI-rapport 734/2004

## 4.6.3 Lokaltog / Intercity

Tabell 4.7 Anbefalte verdier for kapasitetskostnader for lokaltog/intercity til bruk i FINMOD (2004-kroner)

Faktor for FINMOD	Anbefalt verdi	Kommentar
C00	30,8	
C01	0,01	Disse faktorene er basert på beregninger i Bekken (2002) og gir en konveks kostnadskurve som tilnærmet er lik de oppgitte kostnadene fra NSB. Gyldighetsområdet må begrenses til området hvor antall plasser er fra ca. 250 og oppover.
C02	0,00026	
Ovdim	1,0	Denne kan være noe forskjellig, men en overdimensjonering på 10 % være en fornuftig tilnærming og i tråd med Vista (2002). Dette er imidlertid for disse driftsartene innarbeidet i enhetskostnadene.
Amort	0,0802	Denne er basert på 7 % rente og nedskrivning over 25 år. Med nedskrivning på 20 år benyttes faktoren 0,088 og med nedskrivning over 30 år faktoren 0,075
Kapke	1	Default. Benyttes kun i spesielle tilfelle.
Kapf1	1,5	Default
Kapf3	1,5	Default

TØI-rapport 734/2004

## 5 Andre kostnader

Etter å ha beregnet produksjonsavhengige kostnader og dimensjoneringskostnader vil vi sitte igjen med et residual. Dette er kostnader som verken kan tilbakeføres til dimensjoneringen av vognparken eller direkte til ruteproduksjonen. I FINMOD omfatter dette:

- Passasjeravhengige kostnader
- Driftsavhengige kostnader
- Kjørevegskostnader

Under vil jeg kort ta for meg disse.

### 5.1 Passasjeravhengige kostnader

Det er klart at en del av kostnadene i et kollektivsystem er avhengig av antall passasjerer. Dette inngår imidlertid indirekte som en vesentlig del av driftskostnadene og dimensjoneringskostnadene. Ut over dette vil billetteringskostnader og en del øvrige administrasjonskostnader bli bestemt av antall passasjerer. En del av disse kostnadene er lite variable på kort sikt, men på lengre sikt mer variable.

I FINMOD inngår de passasjeravhengige kostnadene i modellen gjennom følgende funksjonsform:

$$C_{\text{Passasjeravhengige}} = \text{billc} * \text{sumc}(\text{ruter} * u[6/7/8]. * \text{timer})$$

hvor

Billc = antatte kostnader per passasjer

Uttrykket ”sumc(ruter\*u[6/7/8].\*timer)” summerer antall passasjerer for henholdsvis rush, motrush og utenom rush.

I Vista (2002) er det anbefalt et påslag på 7 % på trafikkinntektene som mellom annet skal dekke dette. Vista benytter samme påslag for alle transportmiddel, men sier samtidig at dette er en usikker sats. Med en gjennomsnittlig billettpris som i Telemark på ca. 13 kroner per passasjer, ville dette gitt 90 øre i kostnader per passasjer. Med en billettpris som for NSB Intercity på 76 kroner, vil dette utgjøre ca. kr 5,30 per reisende.

I beregningene vi gjorde for Telemark benyttet vi denne posten som en salderingspost. For å saldere kostnadene antok vi at alle de ”øvrige kostnadene” kunne føres som passasjeravhengige kostnader. Dette

er kostnader som i hovedsak relaterer seg til administrasjon. For Grenland utgjorde dette om lag kr 1,90 per passasjer (Bekken 2002). Til sammenligning ble det i beregningene som ble gjort for Kristiansand benyttet en passasjeravhengig kostnad på 1 krone per passasjer (Johansen 1999).

I Bekken (2002) ble det beregnet passasjeravhengige kostnader lik 11,87 kroner for NSB Intercity. Dette kan virke noe høyt siden en del av disse kostnadene faktisk også kommer inn under andre kostnadselementer.

På bakgrunn av dette er det vanskelig å gi noen anbefalinger når det gjelder de passasjeravhengige kostnadene. Disse har i stor grad blitt beregnet som en saldering av regnskapene. Det er derfor heller ikke noe grunnlag for å kalibrere en verdi for dette.

### 5.2 Driftsavhengige tidskostnader

De driftsuavhengige tidskostnadene skal uttrykke kostnader som er forbundet med å ha et system i gang uavhengig av nivået på produksjonen. Disse kostnadene er derfor relatert til det samlede antallet driftstimer i systemet.

De tidsavhengige kostnadene er uttrykt som følger:

$$C_{\text{Tidsavhengig}} = \text{tidsc} * (t_1 + t_2)$$

hvor

tidsc = faktor driftsuavhengige kostnader per time driftstid.

Dette betyr at disse kostnadene er relativt uavhengig av ulike modellkjøringer, siden driftstiden er gitt eksogent for FINMOD. Kostnadene er derfor faste så lenge ikke driftstiden utvides eller reduseres. I forhold til marginale endringer vognstørrelse, avgangshyppighet etc., er dette faste kostnader.

De driftsavhengige kostnadene kommer bare med i marginale betraktninger av utvidet driftstid, slik som å sette inn tidligere/senere avganger eller natruter.

Denne kostnadsposten vil i praksis bli en form for saldering. I beregningene både for Telemark og Kristiansand er de øvrige kostnadene satt lik null.



Salderingen av kostnadskomponentene skjedde i Telemark gjennom de passasjeravhengige kostnadene/billetteringskostnadene, mens de driftsavhengige kostnadene i Kristiansand er kalibrert slik at de tilsvarer de faktiske kostnadene.

I Vista (2002) er alle administrasjonskostnadene innarbeidet som et påslag på henholdsvis passasjerinntektene og driftskostnadene. Dersom vi i større grad benytter en form for normert kostnadsmodell, vil det bli et større behov for å ha en post som ”salderer” kostnadene slik at utgangspunktet blir mest mulig likt et referansepunkt.

### 5.3 Kjørevegskostnader

Slik FINMOD er bygd opp, inngår en faktor som skal tilsvare de årlige kjørevegskostnadene.

$$C_{kj\ddot{o}reveg} = kjvc,$$

hvor  $kjvc$  er årlige kjørevegskostnader i kroner.

Dette er den eneste faktoren i FINMOD som ikke kan føres tilbake til en direkte kostnadsdriver i modellen. Denne kostnadskomponenten er uavhengig av alle faktorer og inngår som en fast kostnad per år. Den er imidlertid avhengig av størrelsen på linjenettet, slik at et mindre linjenett/flatedekning vil gi mindre kostnader. Spørsmålet om å innarbeide dette i FINMOD er dermed ikke trivielt siden nytten for trafikantene må komme med som en motpost hvis linjelengden skal variere. Dette er problemstillinger

som nettverksmodeller takler bedre. I realiteten må hele etterspørselsmodellen i FINMOD revideres for å ta hensyn til linjelengde.

### 5.4 Oppsummering andre kostnader

Dersom vi benytter standardiserte verdier i en beregning så vil det være behov for å ha en funksjon som kan saldere forskjellen mellom de kalibrerte kostnadene og de som kommer til uttrykk gjennom budsjettene. Alle momentene ovenfor kan benyttes til en slik saldering. De er imidlertid vesentlige forskjeller mellom dem.

En saldering via passasjeravhengige kostnader vil gjøre at kostnadene øker dersom antall passasjerer øker. Det er også en reell situasjon, men den vil som regel være tatt hensyn til på andre måter. Å føre mye av salderingen på de passasjeravhengige kostnadene kan gi en dobbelttelling av disse kostnadene ved at de allerede er tatt hensyn til ved mellom annet kostnader relatert til vognstørrelse og gjennomsnittlig hastighet.

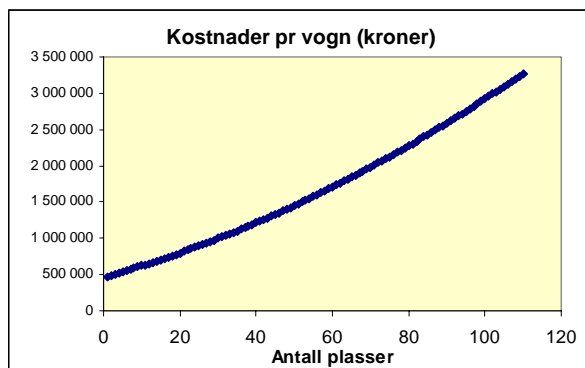
En saldering via driftsavhengige kostnader kan gi en mer reell vurdering av utviding av driftstiden. Som regel vil imidlertid driftstiden være definert på forhånd, slik at faktoren fint representerer systemkostnadene. Det meste av salderingen bør derfor skje på denne kostnadskomponenten.

Kjørevegskostnadene inngår i FINMOD for å kunne ta hensyn til langsiktig planlegging der også infrastrukturkostnadene spiller inn. Salderinger på denne posten bør derfor unngås siden faktoren er ment for noe annet.

## 6 Oppsummering

I modellen har vi fordelt kostnadene i tre grupper; dimensjoneringskostnader, driftsavhengige kostnader og øvrige kostnader.

Dimensjoneringskostnadene tar utgangspunkt i det maksimale vognbehovet og de årlige gjenanskaffelseskostnadene for vognparken. Figuren under viser hvordan kostnadene ved en ny buss avhenger av antall plasser i modellen. Antall plasser omfatter både sitte og ståplasser. Dimensjoneringskostnadene er i tillegg avhengig av størrelsen på vognparken, avskrivings-tiden og avskrivingsrenten.

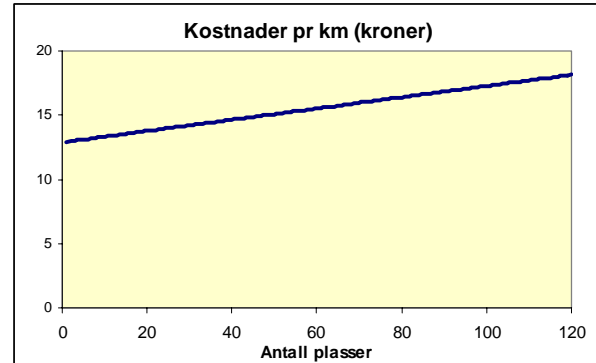


TØI-rapport 734/2004

Figur 6.1: Vognkostnader som funksjon av antall plasser

Den viktigste komponenten for de driftsavhengige kostnadene er personalkostnadene. Disse er i utgangspunktet relatert til antall timer. Ved å benytte hastigheten som komponent har vi omgjort dette til kilometeravhengige kostnader. I tillegg til personalkostnadene så spiller energikostnadene og andre driftsavhengige kostnader også en stor rolle. Disse er i hovedsak avhengig av størrelsen på vognen, selv om også hastigheten kommer inn i bildet.

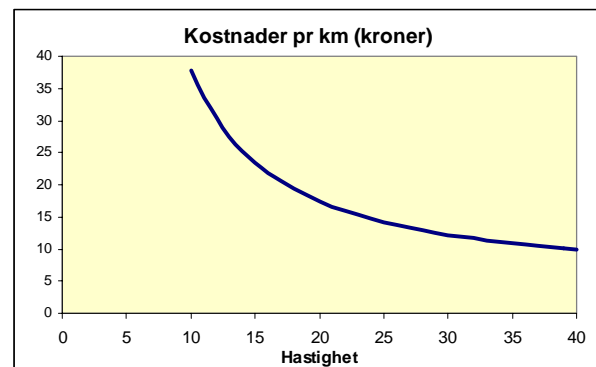
I figuren under har vi vist hvordan de driftsavhengige kostnadene avhenger av vognstørrelsen. Vi ser at kostnadene samlet ikke variere spesielt mye med vognstørrelsen, selv om en viss variasjon eksisterer. Figuren tar utgangspunkt i en hastighet lik 22 km/t.



TØI-rapport 734/2004

Figur 6.2: Driftsavhengige kostnader som funksjon av antall plasser (hastighet lik 22 km/t)

Som nevnt er hastigheten en viktig faktor for personalkostnadene. I tillegg spiller den inn på drivstofforbruket. Figur 6.3 tar utgangspunkt i en buss med 70 plasser. Figuren illustrerer den viktige rollen hastigheten har i modellen. Det må likevel understrekes at hastigheten likevel vil variere relativt lite.



TØI-rapport 734/2004

Figur 6.3 Driftsavhengige kostnader som funksjon av hastighet (70 plassers buss)

Figurene ovenfor illustrerer de viktigste momentene i modellen. Under vil vi kort gå inn på den nødvendige inputen til modellen og hvordan den på sikt kan videreutvikles.

## 6.1 Nødvendig input

Det vil alltid være en avveining hvor detaljert man skal gå til verks for å spesifisere en kostnadsmodell. Vårt formål har vært å utforme en kostnadsmodell som er mest mulig allmenngyldig. Det er imidlertid enkelte faktorer som spiller større rolle en andre. I modellen er det spesielt knyttet til dimensjoneringen av vognparken, skillet mellom rush og basistilbud og de sentrale kostnadsdriverne som er vognstørrelse og hastighet. I tillegg er personalkostnadene og til dels drivstoff/energi prisene viktige for de driftsavhengige kostnadene. Det er derfor viktig å ha et godt grep om disse sentrale komponentene.

I vedlegg 1 og 2 er det vist hvordan kalibreringen kan gjennomføres og hva som er de nødvendige input dataene.

### 6.1.1 Nødvendig input for å finne dimensjoneringskostnadene

I rushtiden vil vi anta at vi finner det maksimale uttaket av vogner. Det vil imidlertid være behov for en reservevognpark ut over dette. I modellen benytter vi i tillegg et gjennomsnitt for rushtiden. Dette gjør at det maksimale uttaket av vogner i rushtiden vil være større enn det som modellen beregner som et gjennomsnittlig maksimalt uttak. Begge disse momentene tilsier at vi må benytte faktor for nødvendig overdimensjonering av vognparken. I Kapittel 4.3 diskuterte vi dette.

Den enkleste måten å finne den nødvendige overdimensjoneringen på er ved å innhente informasjon om den faktiske størrelsen på vognparken (antall vogner). En sammenligning av dette og modellens beregnede maksimale vognbehov gir påslagsfaktoren.

Modellens gjennomsnittlige vognbehov beregnes ut fra antall avganger per time i rushtiden, hastigheten, gjennomsnittlig rutelengde samt posisjonering.

$$Vognbehov_{\min snitt} = \left( \frac{pos * km * (avg1 + avg3)}{kmt} \right)$$

Dette sier hvor mange vogner som i snitt trengs som minimum for å kjøre tilbudet i rushtiden. Påslagsfaktoren for å finne den nødvendig overdimensjonering finnes fra formelen;

$$Nødvendig vognpark = påslagsfaktor * vognbehov_{\min snitt}$$

De årlige kostnadene ved den nødvendige vognparken tar utgangspunkt i vognparkens levetid, innkjøpskost-

nader og en avskrivingsrente. For disse faktorene gir ALFA-modellen et godt datagrunnlag.

### 6.1.2 Nødvendig input for modellens kostnadsdriverne

I modellen er de ulike kostnadsfunksjonene i hovedsak relatert til vognstørrelse og hastighet. Dette er derfor input som er helt sentralt å innhente. Modellen gir også mulighet for å skille mellom rush og basistilbud når det gjelder disse faktorene.

Den gjennomsnittlige vognstørrelsen for basistilbudet og ekstrainsatsen i rushtiden må innhentes fra selskapene. Aller helst bør det skilles mellom basistilbudet og rushtilbudet. I mangel av dette kan gjennomsnittstall benyttes. Dette må imidlertid baseres på at det ikke er noe systematisk skille mellom vognstørrelsen i basistilbudet og rushtilbudet. Den gjennomsnittlige vognstørrelsen kan som et alternativ regnes ut ved å dele setekilometer på antall rutekilometer;

$$Vognstørrelse = \text{setekilometer} / \text{rutekilometer}$$

Det er uansett viktig at det er konsistens mellom disse tre faktorene.

Hastigheten benyttes på mange områder. Mellom annet er den sentral for å omregne personalkostnader per time til kostnader per kilometer. Den er også avgjørende for beregningen av vognparkens størrelse. Hastigheten kan innhentes direkte fra selskapene. Alternativt kan den beregnes ut fra antall rutekilometer og antall rutetimer;

$$Hastighet = \text{rutekilometer} / \text{rutetimer}$$

Dersom det er systematisk forskjell i hastigheten i basistilbudet og rushtilbudet bør dette tas hensyn til.

Skillet mellom rush og basistilbudet er også noe som gir opphav til en form for kostnadsdriver. Det sentrale her er antall avganger per time i henholdsvis basistilbudet og ekstrainsatsen i rushtimene. Dette kan være problematisk å finne. Samlet antall avganger kan imidlertid finnes ved å dele antall rutekilometer med den gjennomsnittlige rutelengden;

$$Avganger \text{ per år} = \text{rutekm per år} / \text{snitt rutelengde}$$

Antall avganger per time i gjennomsnitt kan deretter beregnes ved å dele dette på antall driftstimer;

$$Avg. \text{ per time (snitt)} = \text{avg. per år} / \text{driftstimer år}$$

Dersom det ikke er mulig å finne noe sikkert antall ekstra avganger per rushtime kan en ta utgangspunkt i et anslag på den gjennomsnittlige ekstrainsatsen i rushtimene sammenlignet med gjennomsnittet utenfor rushtimene. Formelen under kan da være et utgangspunkt.

$$Avg.pr.t_{smitt} = Avg.pr.t_{rush} * \left( \frac{ant.rushtimer}{ant.drifstimer} \right) + avg.pr.t_{basis}$$

Dersom en har et anslag på gjennomsnittlig antall rushtimer eller antall avganger per time med basistilbud kan det andre regnes ut. Formelen kan også benyttes dersom en antar at for eksempel  $avg.pr.t_{rush} = 2 * avg.pr.t_{basis}$ . Det er også viktig at det er konsistens mellom antall rutekilometer per år, gjennomsnittlig rutelengde, antall avganger per år og antall avganger per time i rush og basis. Formlene ovenfor vil sikre dette.

### 6.1.3 Nødvendig input for å finne drifts-avhengige kostnader

De viktigste driftsavhengige kostnadene i modellen er i særklasse personalkostnadene. I tillegg er drivstoff/energikostnadene også viktige.

Personalkostnadene er avhengig av utnyttingsgraden av arbeidskraften, lønnskostnadene per time og hastigheten på vognene. Lønningene følger i stor grad ulike tariffier og er dermed tatt hensyn til i modellen. Hastigheten er en av kostnadsdriverne i modellen.

Utnyttingsgraden av arbeidskraften går på hvor stor del av tiden som benyttes til ruteproduksjon og hvor mye som går til annet bruk. Fra de ulike selskapene kan forskjellen mellom sjåførtimer og vogntimer gi et bilde på utnyttingen av personalet i ruteproduksjon.

$$Utnyttingsgrad_{personalet} = \text{Sjåførtimer} - \text{vogntimer}$$

Dersom dette avviker fra det som ligger til grunn i modellen er det grunn til å vurdere en egen kalibrering av disse kostnadene.

Det som imidlertid er like viktig er en vurdering av forskjellen mellom basistilbud og den ekstra rushinnsatsen når det gjelder utnyttingen av arbeidskraften. I modellen har vi benyttet en funksjon som gjør at denne øker med hastigheten. Med andre ord en lav hastighet gir i tillegg en dårligere utnytting av arbeidskraften. Denne koblingen er et forsøk å ta opp i seg at i rushtiden er hastigheten lavere og utnyttingen av arbeidskraften dårligere.

Drivstoff/energikostnadene er i modellen avhengig av vognstørrelsen, hastigheten og enhetskostnaden.

Funksjonsformen er imidlertid relativt allmenngyldig, slik at det sentrale er å finne en "korrekt" enhetspris for spesielt drivstoff.

## 6.2 Videreutvikling av modellen

Dersom modellen skal videreutvikles er det i hovedsak to momenter det bør fokuseres på. For det første så kan kalibreringen innarbeides i modellen i større grad. For det andre, bør grunnlaget for faktorene i modellen utledes bedre. Slik modellen er i dag er en del av faktorene basert på et relativt dårlig datagrunnlag.

Enkelte konkrete utviklingsmuligheter i modellen er:

- Utlede hastigheten inne i modellen ved å benytte vogntimer og rutetimer som input faktorer for å finne hastigheten (som i punkt 6.1.1).
- Utlede den nødvendige overdimensjoneringen i modellen ved å benytte antall vogner som inputfaktor, sammen med modellens beregning av den nødvendige vognparken (som i punkt 6.1.1).
- Utlede personalkostnader inne i modellen ved å benytte sjåførtimer og rutetimer for å finne en påslagsfaktor for utnyttingen av arbeidskraften, samt tariffert månedslønn for timekostnader. Sammen med hastigheten kan dette utlede personalkostnader per kilometer inne i modellen.

Den store utfordringen blir imidlertid å fremdeles holde skillet mellom grunntilbud og rushtilbudet når det gjelder de ulike kostnadskomponentene

## 6.3 Kostnadsjusteringer

Et viktig moment for bruk av modellen i fremtiden er hvordan de ulike faktorene skal kostnadsjusteres. Her er det flere muligheter.

Når det gjelder dimensjoneringskostnadene så er det vognkostnadene som er viktige. Asplan Viak utgir hvert år en oppdatering for normtallene som benyttes i bussdriften. Denne oppdateringen baserer seg på et relativt godt datagrunnlag. Vi bør derfor legge til grunn dette i de årlige oppjusteringene. For andre driftsarter er det vanskelig å finne noe bedre grunnlag enn den årlige prisveksten (KPI).

Når det gjelder personalkostnader så er de et resultat av lønnsforhandlingene. Det beste vil være å ta utgangspunkt i lønnsveksten for de aktuelle yrkesgruppene. Siden dette kan by på problem anbefales det

at personalkostnadene oppjusteres med den generelle lønnsveksten.

Når det gjelder drivstoffkostnader svinger disse ikke nødvendigvis med andre priser. Det anbefales derfor at en gjennomsnittlig drivstoffpris legges til grunn. Denne kan hentes fra Asplan Viak sin årlige

oppdatering av normtallsmodellen. Dette vil sikre konsistens med andre beregningsmetoder.

Når det gjelder andre kostnadskomponenter, så anbefales det at disse justeres i henhold til den årlig prisveksten. Grunnen til dette er at vi ikke har noe bedre grunnlag for justeringer.

# Litteraturliste

- Asplan Viak 2003. *Normtall for bussdriftskostnader - Drivstoffkostnader 2003-2004*. Notat til Samferdselsjefene 29. oktober 2003. Sandvika.
- Bekken, Jon-Terje 2004. *Problemmotat rundt AS Oslo Sporveiers bruk av enhetskostnader*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI arbeidsdokument PT/1702/2004. Konfidensielt.
- Bekken, Jon-Terje 2003. *Grunnlag for resultatavhengige tilskudd i Telemark*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI arbeidsdokument PT/1643/2003.
- Bekken, Jon-Terje 2002. *Kostnadssiden i simuleringmodellen*. Oslo: Transportøkonomisk institutt. TØI arbeidsdokument PT/1612/2002. Konfidensielt.
- Carlquist, Erik og Nils Fearnley 2001. *Samfunnseffektiv kollektivtransport? En analyse av utviklingen i sju norske byer*. Oslo: Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 508/2001.
- Eriksen, Knut Sandberg, Tom Erik Markussen og Konrad. Pütz 1999. *Marginale kostnader ved transportvirksomhet*. Oslo: Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 464/2000.
- Fearnley, Nils, Jon-Terje Bekken og Bård Norheim 2002. *Utvikling av kvalitetskontrakter for NSB AS' intercity-marked - Dokumentasjonsrapport*. Oslo: Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 608a/2002.
- Hjellnes Cowi AS. 2000. *Avtaleformer innen kollektivtrafikken i Telemark*. Hjellnes COWI AS.
- Johansen, Kjell Werner 2001. *Etterspørselselastisiteter for kollektivtransport*. Oslo: Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 505/2001.
- Johansen, Kjell Werner 1999. *Kalibrering av enkel kollektivtransportmodell for Kristiansand*. Oslo: TØI arbeidsdokument PT/1331/1999.
- Johansen, Kjell Werner og Bård Norheim 2000. *Alternativ finansiering av kollektivtransport i by. Samfunnsøkonomiske konsekvenser av alternative finansieringspakker for Kristiansand*. Oslo: Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 484/2000.
- Killi, Marit 1999. *Anbefalte tidsverdier for persontransport*. Oslo: Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 459/1999.
- Kjørstad, Katrine Næss 1995. *Kollektivtrafikantenes preferanser i Moss, Grenland, Kristiansand, Tromsø og Ålesund*. Oslo: Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 312/1995.
- Kjørstad, Katrine Næss, Unni Bukkøy Lodden, Nils Fearnley og Bård Norheim 2000. *Samlet evaluering av tiltakspakker for kollektivtransport i byområder 1996/97*. Oslo: Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 497/2000.
- Kolbenstvedt, Marika, Trygve Solheim og Astrid Amundsen. *Miljøhåndboken - Trafikk og miljøtiltak i byer og tettsteder*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Larsen, Odd I. 2004. *The Social Optimum Public TRANsport Modell (FINMOD)*. Oslo: Transportøkonomisk institutt. TØI-working paper (not published).
- Minken, Harald, Knut Sandberg, Hanne Samstad og Kjell Jansson 2000. *Nyttekostnadsanalyse av kollektivtiltak – Veileder*. Oslo: Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 474a/2000.
- Mundal, Jostein 2002. *Kollektivtrafikkens utviklingsmuligheter, Temanotat 6 Fylkesdelplan for Infrastruktur Grenland*. Oslo: Civitas.
- Norheim, Bård og Heidi Renolen 1997. *Kollektivtransportens utvikling i Norge 1982-94. Hvilke faktorer kan forklare forskjellene mellom de ulike byregionene?* Oslo: Transportøkonomisk institutt. 362/1997.
- Norheim, Bård Erik Carlquist 1999. *Markedseffektiv kollektivtransport? En analyse av utviklingen i Oslo: Bergen, Trondheim, Kristiansand og Tromsø*. Oslo: Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 428/1999.
- Norsk Reiseinformasjon AS 2002. *Rutebok for Norge*. Nr. 4, 22. September 2002 - 5. Januar 2003.







# Vedlegg

Tabellene under viser hvordan kalibreringen av de viktigste kostnadskomponentene er beregnet. Det er lagt inn eksempler på verdier for å vise hvordan kalibreringen kan gjennomføres.

## Vedlegg 1a – Kalibreringsside for produksjonsavhengige kostnader – nødvendige input

<b>Produksjonsavhengige kostnader</b>			
<b>Kalibreringsside</b>			
<b>Felles nødvendig input</b>	<b>Dette må være med</b>		
<b>Fra modellens standardberegning</b>	<b>Basistilbud</b>	<b>Ekstra rushinnsats</b>	<b>Felles/snitt</b>
Posisjoneringskjøring			1,1
Hastighet, utenom rush			23,0
Hastighet, rush			21,0
Avganger pr time	50	25	
Rutelengde, snitt			20,0
Driftstimer pr år	5475	920	
Gjennomsnittlig antall sitteplasser	45	45	
Antall ståplasser			25
Drivstoffpris kroner pr liter eller			5,88
Energikostnad kroner pr kilometer			
<b>Dette gir pr år</b>			
Samlet hastighet	22,66	21,00	
Antall plasser (sitte+stå)	70,00	70,00	
Utkjørte rutekilometer	5 475 000	460 000	5 935 000
Posisjonering	547 500	46 000	593 500
Utkjørte vognkilometer	<u>6 022 500</u>	<u>506 000</u>	<u>6 528 500</u>

Rubrikkene i lyst blått omfatter nødvendige input data for beregning av de produksjonsavhengige kostnadene.

## Vedlegg 1b – Kalibreringsside for produksjonsavhengige kostnader – personalkostnader

Personalkostnader				
<b>Ved egen beregning</b>	Dette er kun et alternativ dersom du ønsker å beregne mest mulig selv			Dette er et eksempel på en utregning
	<b>Basistilbud</b>	<b>Ekstra rushinnsats</b>	<b>Felles/snitt</b>	
Sjåførtimer				
Vogntimer				
Beregner påslagsfaktor, utnyttning av arbeidsk				
Standard faktor	1,2	1,25		
	Ved stort avvik mellom de to ovenfor, er det grunnlag for å endre standard faktoren			
Lønnskostnad pr person pr time, tariff snitt			190	
Lønn pr sjåførtimer	228	237,5		
Posisjoneringskjøring	1,1	1,1		
Kroner pr kilometer	9,01	10,28		
<b>Fra modellens standardberegning</b>				
	<b>Basistilbud</b>	<b>Ekstra rushinnsats</b>	<b>Felles/snitt</b>	
Posisjoneringskjøring			1,1	
Hastighet, utenom rush			23,0	
Hastighet, rush			21,0	
Samlet hastighet	22,66	21,0		
Formelen er:	Personalkostnader=8,9*(23/hastighet) <sup>1,5</sup>			
Lønnskostnad pr kilometer ved 23 km/t - standard i modellen			8,9	
	9,10	10,20		
<b>Samlede personalkostnader med beregningene ovenfor</b>				
Samlet	54 796 879	5 161 826	59 958 705	

Den øverste egne beregningen kan benyttes dersom det er store avvik fra den standardiserte beregningen.

Den nederste beregningen baserer seg på den anbefalte funksjonen i rapporten.

### Vedlegg 1c – Kalibreringside for produksjonsavhengige kostnader – drivstoffkostnader

<b>Drivstoffkostnader</b>			
	<b>Basistilbud</b>	<b>Ekstra rushinnsats</b>	<b>Felles/snitt</b>
Drivstoffpris pr liter			5,88
Hastighet, utenom rush			23,0
Hastighet, rush			21,0
Samlet hastighet	22,66	21,0	
Antall plasser (sitte+stå)	70,00	70,00	
Formelen er	Drivstoffkostnader=(0,39+0,0084*plasser)*(0,57-0,006*hastighet)*drivstoffpris		
Dette gir			
Kroner pr km	2,50	2,55	
<b>Samlede drivstoffkostnader med beregningene ovenfor</b>			
Samlet	15 031 391	1 291 962	16 323 353

Beregningen baserer seg på den anbefalte funksjonen i rapporten. De nødvendige inputdata er vist i tabell 1a

### Vedlegg 1d – Kalibreringsside for produksjonsavhengige kostnader – rengjøringskostnader

Rengjøring			
	Basistilbud	Ekstra rushinnsats	Felles/snitt
Drivstoffpris pr liter			5,88
Hastighet, utenom rush			23,0
Hastighet, rush			21,0
Samlet hastighet	22,66	21,0	
Antall plasser (sitte+stå)	70,00	70,00	
Formelen er	Rengjøringskostnader=0,64 kroner pr km		
Dette gir			
Kroner pr km	0,64	0,64	
<b>Samlede rengjøringskostnader med beregningene ovenfor</b>			
Samlede	3 854 400	323 840	4 178 240

Beregningen baserer seg på den anbefalte funksjonen i rapporten. De nødvendige inputdata er vist i tabell 1a.

### Vedlegg 1e – Kalibreringsside for produksjonsavhengige kostnader – andre driftskostnader

<b>Andre driftskostnader</b>			
	<b>Basistilbud</b>	<b>Ekstra rushinnsats</b>	<b>Felles/snitt</b>
Drivstoffpris pr liter			5,88
Hastighet, utenom rush			23,0
Hastighet, rush			21,0
Samlet hastighet	22,66	21,0	
Antall plasser (sitte+stå)	70,00	70,00	
Formelen er	Andre driftskostnader=(1,48+0,019*plasser)*(1,33-0,0075*hastighet)		
Dette gir			
Kroner pr km	3,26	3,29	
<b>Samlede andre driftskostnader med beregningene ovenfor</b>			
Samlede	19 631 289	1 667 131	21 298 420

Beregningen baserer seg på den anbefalte funksjonen i rapporten. De nødvendige inputdata er vist i tabell 1a.

### Vedlegg 1e – Kalibreringsside for produksjonsavhengige kostnader – andre driftskostnader

Sammenfatting av produksjonsavhengige kostnader			
	Basistilbud	Ekstra rushinnsats	Felles/snitt
Drivstoffpris pr liter			5,88
Hastighet, utenom rush			23,0
Hastighet, rush			21,0
Samlet hastighet	22,66	21,0	
Antall plasser (sitte+stå)	70,00	70,00	
Formelen for kostnader pr km er:	Personalkostnader= $8,9 \cdot (23/\text{hastighet})^{1,5}$ + Drivstoffkostnader= $(0,39+0,0084 \cdot \text{plasser}) \cdot (0,57-0,006 \cdot \text{hastighet}) \cdot \text{drivstoffpris}$ + Rengjøringskostnader= $0,64$ kroner pr km + Andre driftskostnader= $(1,48+0,019 \cdot \text{plasser}) \cdot (1,33-0,0075 \cdot \text{hastighet})$		
Dette gir			
Kroner pr km	15,49	15,53	
<b>Samlede produksjonsavhengige kostnader</b>			
Samlet	93 313 959	7 857 821	101 171 780

Beregningen baserer seg på den anbefalte funksjonen i rapporten. De nødvendige inputdata er vist i tabell 1a.

### Vedlegg 1f – Kalibreringside for produksjonsavhengige kostnader – andre driftskostnader

<b>Sammenfatting av produksjonsavhengige kostnader alternativ beregning</b>			
	<b>Basistilbud</b>	<b>Ekstra rushinnsats</b>	<b>Felles/snitt</b>
Drivstoffpris pr liter			0,00
Hastighet, utenom rush			23,0
Hastighet, rush			21,0
Samlet hastighet	22,66	21,0	
Antall plasser (sitte+stø)	70,00	70,00	
<b>Formelen er</b>			
<b>Formelen er</b>			
Konstantledd pr km	12,28	14,08	
Variabelt ledd pr km	0,043	0,044	Avh av vognstr
Kostnad pr km med input ovenfor	15,29	17,16	
<b>Samlede produksjonsavhengige kostnader</b>			
Samlet	92 084 025	8 682 960	100 766 985

Beregningen baserer seg på den anbefalte funksjonen i rapporten. De nødvendige inputdata er vist i tabell 1a. Den blå rubrikken tilsvarer inputvariablene cbas, dbas, cex, dex i den opprinnelige modellen.

## Vedlegg 2 – Kalibreringside for dimensjoneringskostnader

<b>Dimensjoneringskostnader</b>			
<b>Kalibreringside</b>			
<b>Dimensjonering av vognparken</b>			
	Ekstra		
	Basistilbud	rushinnsats	Felles/snitt
<b>Nødvendig input</b>			
Antall vogner			40
Antall avganger pr time	30	10	
Gjennomsnittlig rutelengde			20
Posisjoneringskjøring			1,1
Hastighet, rush			25
<b>Beregnes av modellen</b>			
Beregnet nødvendig vognpark	26,4	8,8	35,2
Overdimensjonering av vognparken			1,14
<b>Arlige dimensjoneringskostnader</b>			
	Ekstra		
	Basistilbud	rushinnsats	Felles/snitt
<b>Nødvendig input</b>			
Gjennomsnittlig antall sitteplasser	45	45	
Antall ståplasser			25
Nedskrivningstid, antall år			12
Avskrivingsrente (realrente)			7 %
Som gir amortiseringsfaktor			0,118
<b>Beregnes av modellen</b>			
Kostnad pr buss	1 980 400	1 980 400	
Kostnad pr buss pr år	233 025	233 025	233 025
Samlet dimensjoneringskostnad pr år			9 320 983

Rubrikkene i lyst blått omfatter nødvendige input data for beregning av dimensjoneringskostnadene. Beregningen baserer seg på den anbefalte funksjonen i rapporten.



**Sist utgitte TØI publikasjoner under program:  
Kollektivtransportens organisering og finansiering**

The Social Optimum Public TRANsport Model (SOPTRAM )	708/2004
Markedsorientert statistikk for lokal kollektivtransport. Forslag til statistikk for rutegående kollektivtransport med buss, båt, sporvogn, T-bane og jernbane	696/2003
Et tidsskifte for AS Oslo sporveier? Evaluering av forsøk med ny skiftordning for førere i sporvogns- og banedivisjonen	695/2003
Markedsstrategi for offensiv satsing på trikk og T-bane i Oslo? Erfaringer fra sammenliknbare byer i Europa - Vedleggsrapport	685A/2003
Markedsstrategi for offensiv satsing på trikk og T-bane i Oslo? Erfaringer fra sammenliknbare byer i Europa	685/2003
Nye avtaleformer for kjøp av kollektivtransport i Telemark	676/2003
Effekter av drosjeregulering - internasjonale erfaringer	658/2003
Kreativ prising av kollektivtransport i by	655/2003
Kollektivtransporten i Oslo/Akershus i 1995 sammenlignet med 42 utenlandske byer. Beskrivelse av nøkkeldata for driftsarter og samlet kollektivtransport	647/2003
Regulering av drosjenæringen. En litteraturstudie for norske forhold	646/2003
De gamle er eldst! Evaluering av seniorordningen i AS Oslo Sporveier	627/2003
Utvikling av kvalitetskontrakter for NSB AS' intercity-marked - Dokumentasjonsrapport	608a/2002
Utvikling av kvalitetskontrakter for NSB AS' intercity-marked - Sammendragsrapport	608/2002
Utvikling av kvalitetskontrakter for NSB AS Fase 1: Internasjonale erfaringer og drøfting av måltall	599/2002
Organisering og finansiering av kollektivtransport i 11 europeiske land.	590/2002