

Kapasitet i fergesektoren



av

**Finn Jørgensen
Terje Mathisen
Gisle Solvoll**

hnb
Handelshøgskolen
i Bodø

Senter for Innovasjon og Bedriftsøkonomi (SIB AS)

SIB-rapport 1/2007

Kapasitet i fergesektoren

Av

Finn Jørgensen

Terje Mathisen

Gisle Solvoll

Handelshøgskolen i Bodø

Senter for innovasjon og bedriftsøkonomi (SIB AS)

finn.joergensen@hibo.no

terje.mathisen@hibo.no

gisle.solvoll@hibo.no

Tlf. +47 75 51 76 84

Tlf. +47 75 51 76 37

Tlf. +47 75 51 76 32

Fax. +47 75 51 72 68

Utgivelsesår: 2007

ISSN-nr. 1890-3584

FORORD

Dette notatet er skrevet på oppdrag fra Statens vegvesen, Vegdirektoratet. Notatet er skrevet av professor Finn Jørgensen, forskningsleder Gisle Solvoll og stipendiat Terje Mathisen. Solvoll har vært prosjektleder. Vi vil takke Vegdirektoratet ved rådgiver Edvard Thonstad Sandvik for nyttige innspill og kommentarer i tilknytning til arbeidet med rapporten.

I dette arbeidet har vi hatt som mål å gi en oversikt over og prinsipiell drøfting av mulige mål på kapasitet og service på fergetilbudet ved et samband. Videre har vi drøftet prinsipper for fastsettelse av samfunnsøkonomisk og bedriftsøkonomisk optimalt servicenivå og eventuelle forskjeller i verdiene på disse. Under bestemte forutsetninger har vi også drøftet hvordan frekvensen bør avhenge av trafikkmengde og sambandslengde samt hvordan fergekapasiteten bør variere med krav til service målt med andel kjøretøy som får være med planlagt avgang. Resultatet av disse drøftingene er sammenholdt med gjeldende driftsstandard for norsk ferge-drift.

Den tiden vi har hatt til rådighet, har ikke gitt oss muligheter til fullt ut å anvende modellene i lys av det omfattende datamaterialet som finnes om fergedriften i Norge. Det vil være en utfordrende og nyttig videreføring av dette arbeidet. Bildet på forsiden er av MS Solskjel som trafikkerer sambandet Eidsdal-Linge i Møre og Romsdal. Bildet er tatt av Gisle Solvoll 9. august 2006.

Bodø 27. april 2007.

INNHold

FORORD	1
INNHold	2
1. INNLEDNING	3
1.1 FORMÅL OG PROBLEMSTILLINGER	4
2. MÅLING AV KAPASITET, KAPASITETSUTNYTTELSE OG SERVICE	5
2.1 RIMELIGE KRAV TIL DE ULIKE MÅLENE	5
2.2 MÅL PÅ KAPASITET I ET FERGESAMBAND	6
2.2.1 Samlet fergekapasitet	6
2.2.2 Maksimalt antall tilbudte PBE	6
2.2.3 Maksimalt antall tilbudte PBE-km	10
2.2.4 Oppsummering kapasitetsmål	11
2.3 MÅL PÅ KAPASITETSUTNYTTELSE.....	12
2.3.1 Kapasitetsutnyttelse når fergene seiler	12
2.3.2 Kapasitetsutnyttelse målt som andel av tiden i drift.....	15
2.3.3 Samlet mål på kapasitetsutnyttelse.....	15
2.3.4 Oppsummering av kapasitetsutnyttelsesmål.....	16
2.4 MÅL PÅ SERVICE.....	17
2.4.1 Åpningstid	18
2.4.2 Frekvens	19
2.4.3 Pålitelighet i fergetilbudet.....	20
2.4.4 Fergenes hastighet	23
2.4.5 Gjenstående kjøretøy og ventetider.....	24
2.4.6 Oppsummering av servicemål	25
3. OPTIMALT SERVICENIVÅ – EN PRINSIPIELL DRØFTING	29
3.1 PRINSIPP FOR BESTEMMELSE AV OPTIMALT SAMFUNNSØKONOMISK SERVICENIVÅ	29
3.2 BEDRIFTSØKONOMISK OG SAMFUNNSØKONOMISK SERVICENIVÅ.....	32
4. FERGEKAPASITET, FREKVENNS OG ANTALL FERGER	36
4.1 VIRKNINGER AV ØKT FERGEKAPASITET	36
4.1.1 Flere ferger eller større ferger?.....	38
4.2 SAMMENHENG MELLOM OPTIMAL FREKVENNS, TRAFIKKMENGDE, TIDSKOSTNADER OG FERGEKOSTNADER	40
4.2.1 Generell modell.....	40
4.2.2 Modellresultatene sett i lys av driftsstandardmålene.....	43
4.2.3 Spesielt om høytrafikkerte fergesamband.....	46
4.3 OPTIMAL FERGEKAPASITET VED GITT FREKVENNS OG ANDEL GJENSTÅENDE KJØRETØY	47
4.3.1 Generell modell.....	48
4.3.2 Praktisk bruk av modellen for fastsettelse av optimal fergekapasitet	51
5. OPPSUMMERING OG ANBEFALINGER	58
5.1 BAKGRUNN OG PROBLEMSTILLINGER	58
5.2 ANBEFALTE PARAMETERE FOR MÅLING AV KAPASITET	59
5.3 ANBEFALTE PARAMETERE FOR MÅLING AV KAPASITETSUTNYTTELSE	59
5.4 ANBEFALTE PARAMETERE FOR MÅLING AV SERVICENIVÅET	60
5.5 ANBEFALINGER OM OPTIMALT SERVICENIVÅ.....	61
5.5.1 Optimalt servicenivå ut fra en samfunnsøkonomisk synsvinkel.....	61
5.5.2 Optimal fergekapasitet ved gitt servicenivå	63
6. VEIEN VIDERE	65
REFERANSER	68

1. INNLEDNING

I St.meld. nr. 34 (1992-93) Norsk veg- og vegtrafikkplan ble det definert langsiktige mål for standarden for fergetilbudet i riksvegnettet. I Nasjonal transportplan 2006-2015 er denne standarden justert. Samferdselsdepartementet legger nå mer vekt på trafikkmengder og en differensiering av tilbudet mellom stamvegsamband og øvrige fergesamband. Nærings-transportenes og de arbeidsreisendes behov for hyppige og forutsigbare avganger er også prioritert høyere. Den nye standarden gir flere avganger og lengre åpningstider på sterkt trafikkerte stamvegsamband.

De nye standardmålene for fergedriften er beskrevet i tabell 7.8 i Nasjonal transportplan (NTP) 2006-2015. Standarden er som vist i Tabell 1.1.

Tabell 1.1: Driftsstandard for norsk fergedrift i første del av planperioden til NTP 2006-2015.

Standardklasse	Frekvens per døgn	Forutsigbarhet ^a	Åpningstid ^b	Maksimal ventetid ^c	Akseptabel andel gjenstående biler ^d
Stamveg					
>1500 pbe/døgn	35	06.00 – 20.00	24 timer	2,5 timer	2 %
<1500 pbe/døgn	30	07.00 – 19.00	18 timer	6 timer	3 %
Øvrige riksveg					
>1500 pbe/døgn	30	07.00 – 19.00	18 timer	6 timer	3 %
500–1500 pbe/døgn ^e	25	07.00 – 18.00	16 timer	-	3 %
100–500 pbe/døgn					3 %
– sone 1 - 4	20	-	14 timer	-	3 %
– sone 5 – 9	12	-	13 timer	-	3 %
– sone 10 -20	6	-	12 timer	-	3 %
– sone 21 -	kontinuerlig	-	-	-	3 %
< 100 pbe/døgn	Tilpasses lokale forhold				3 %

^a Med forutsigbarhet menes at fergesambandet har avganger med faste intervall fra samme fergeleie innenfor en tidsperiode på dagen. Statens vegvesen (2003).

^b Åpningstid på 24 timer må sees i sammenheng med maks ventetid på nattåpent. Strekningen er åpen dersom det ikke er mer enn 2 ½ time til neste avgang.

^c Ventetiden er definert som maksimal ventetid mellom avganger fra samme anløpssted. Statens vegvesen (2003).

^d Ved 20 min. intervall dobles akseptabel grense for gjenstående biler, og tredobles ved 15 min. intervall. Statens vegvesen (2003).

^e For strekninger over 20 km gjelder krav om kontinuerlig drift innenfor åpningstiden og maks 3 % gjenstående kjøretøy.

Statens vegvesen har startet opp et prosjekt om kapasitet i fergesektoren. Resultatene fra prosjektet skal inngå som et innspill til det arbeidet Statens vegvesen holder på med i forbindelse med en revisjon av fergedriftsstandarden. Dette er en del av arbeidet med Nasjonal transportplan (NTP) for perioden 2010-2019. Rapporten om kapasitet i fergesektoren vil være et viktig bidrag til det pågående arbeidet til Statens vegvesen.

1.1 FORMÅL OG PROBLEMSTILLINGER

Formålet med dette arbeidet er å gå nærmere inn på begrepene kapasitets-, kapasitetsutnyttelses- og servicemål i fergedriften. Problemstillingene i prosjektet er firedelt. Det vil bli:

- Gjennomføres en vurdering av hvilke parametere som er mulig og ønskelig å bruke for å beskrive kapasitetsmål, kapasitetsutnyttelsen av fergene samt den servicen de yter.
- Gjennomføre prinsipielle drøftinger av eventuelle forskjeller mellom bedriftsøkonomisk og samfunnsøkonomisk optimalt nivå på ulike servicevariabler for derigjennom å avsløre for hvilke servicemål det kan være store sprik mellom den servicen selskapene og myndighetene ønsker.
- Gjennomføre drøftinger av sammenhengen mellom nødvendig fergekapasitet og servicenivå.
- Gjennomføre drøftinger av hvordan samfunnsøkonomisk optimalt servicenivå, målt ved frekvens, bør avhenge av trafikkmengde, trafikantenes tidskostnader og sambandets lengde, med spesiell fokus på samband med en gjennomsnittlig døgntrafikk (ÅDT) på mer enn 750 personbilenheter (PBE).

Vi vil primært gjennomføre prinsipielle drøftinger og utlede generelle modeller både når det gjelder måling av kapasitet, kapasitetsutnyttelse og service samt i forbindelse med diskusjonen om optimalt servicenivå. I tilknytning til drøftingen av modeller for optimal fergekapasitet ved gitt servicenivå, vil vi også gjennomføre regneeksempler, hvor vi benytter tall fra fergedriften i 2005.

2. MÅLING AV KAPASITET, KAPASITETSUTNYTTELSE OG SERVICE

I dette kapitlet vil vi beskrive aktuelle kapasitets-, kapasitetsutnyttelses- og servicemål i fergedriften. Egenskapene til de ulike målene drøftes, og styrke og svakheter ved disse diskuteres. Innledningsvis presiseres det noen generelle krav som bør stilles til målene.

2.1 RIMELIGE KRAV TIL DE ULIKE MÅLENE

Her vil vi ta utgangspunkt i at Vegdirektoratet (VD) skal bruke de ulike målene til å vurdere samlet transportkapasitet ved et samband, om fergene tilknyttet sambandet utnyttes godt (kapasitetsutnyttelsen) og endelig om de reisende over sambandet får den servicen som fergeselskapene har lovet. Gode servicemål er – som vi senere skal se, vanskeligst å kvantifisere. De er imidlertid særdeles viktige å få operasjonalisert på en god måte, uansett om fergesambandene legges ut på tilbud eller ikke. I utgangspunktet er det rimelig å stille følgende krav til alle de størrelsene vi skal bruke:

- De må måle det en ønsker å måle; dvs. de må være valide.
- De må være mulig for fergeselskapene å beregne noenlunde pålitelig uten altfor stor ressursinnsats; dvs. de må være reliable og ”rimelige” å registrere.
- De må være vanskelig å manipulere/jukse med for fergeselskapene slik at Statens vegvesen (SVV) kan stole på de målene en får.
- Det må være mulig for SVV å kontrollere kvaliteten/påliteligheten til målene uten en uforholdsmessig stor ressursinnsats.

Når det gjelder mål på kapasitet og kapasitetsutnyttelse har en i utgangspunktet samme datatilfang på alle samband, selv om det kan være noe mer problematisk å beregne de aktuelle målene for samband som betjenes av flere ferger og for samband med mer enn to anløpssteder. Nåværende opplysninger om relevante servicemål varierer nok fra samband til samband. Dessuten vil – som vi senere skal se, betydningen av de ulike servicemålene variere fra samband til samband. Ut fra det ovenstående er det derfor rimelig å bruke samme mål på kapasitet og kapasitetsutnyttelse for alle samband mens hvilke servicemål som brukes vil avhenge av hvilke data som finnes og hvor viktige de ansees å være for de ulike fergestrekningene.

2.2 MÅL PÅ KAPASITET I ET FERGESAMBAND

Her vil vi kort drøfte de mest aktuelle målene på kapasiteten på fergetilbudet ved et samband og hvordan disse målene er knyttet til sambandslengden, fergenes størrelse og hastighet.

2.2.1 Samlet fergekapasitet

De tre mest aktuelle målene her vil være:

- Antall ferger tilknyttet sambandet.
- Samlet fraktekapasitet på disse fergene målt i personbilenheter (PBE).¹
- Samlet passasjerkapasitet på disse fergene målt med antall passasjerer de til sammen er sertifiserte for.

At ikke bare samlet PBE-kapasitet og samlet passasjerkapasitet tilknyttet et samband, men også antall ferger er relevant som kapasitetsmål, skyldes at antall ferger ikke bare påvirker mulige fraktede enheter over et samband, men også mulig frekvens på fergetilbudet. Både samlet antall PBE og antall ferger knyttet til et samband er lett å rapportere for selskapene og lett å kontrollere for SVV.

Samlet fergekapasitet tilknyttet et samband vil kunne variere over tid. Hvor fleksibel tilbudt fergekapasitet er ved et samband; dvs. hvor raskt og hvor mye den kan endres, vil avhenge av selskapets bestand av reserveferger, lengden til andre samband som selskapet betjener samt samarbeid med andre fergereideri. Dette er viktige forhold ved vurdering av selskapenes muligheter til å dekke uventede svingninger i etterspørselen. Flexibiliteten i samlet fergekapasitet ved et samband er imidlertid vanskelig å kvantifisere pålitelig.

2.2.2 Maksimalt antall tilbudte PBE

Det kanskje mest aktuelle og vanlige målet på kapasiteten ved et fergesamband, er maksimalt antall PBE enheter (PBE^M) fergene kan klare å frakte i løpet av et døgn. PBE^M er, som vi skal se her, ikke bare avhengig av fergekapasiteten, men også av sambandets lengde og fergenes hastighet.

La oss først se på *en* ferge og anta h er fergens hastighet målt i km/t når den går i rute, L er rundturens lengde målt i km, A er antall anløpssteder, t er nødvendig tid til å legge til kai og

¹ Det foregår for tiden en gjennomgang av alle fergene i Norge med henblikk på å få et mest mulig korrekt anslag på PBE – kapasiteten til den enkelte ferge.

fra kai mens q er tid til ombordkjøring og ilandkjøring per PBE.² Total tidsforbruk (T) for fergen per rundtur, blir da:

$$(2.1) \quad T = \frac{L}{h} + 2 \cdot A \cdot t + 2 \cdot q \cdot PBE$$

hvor altså PBE er antall personbilenheter fraktet per tur.

Maksimalt antall mulige rundturer per døgn, M^M , blir dermed:³

$$(2.2) \quad M^M = \frac{24}{T} = \frac{24}{\frac{L}{h} + 2 \cdot A \cdot t + 2 \cdot q \cdot PBE}$$

Hvis fergen tømmes og fylles på hvert anløpssted, følger av (2.2) at maksimalt antall tilbudte PBE per døgn, PBE^M , over sambandet blir.⁴

$$(2.3) \quad PBE^M = M^M \cdot PBE^K = \frac{24 \cdot A \cdot PBE^K}{\frac{L}{h} + 2 \cdot A \cdot t + 2 \cdot q \cdot PBE^K}$$

hvor PBE^K er kapasiteten til fergen målt i personbilenheter. Fra (2.3) kan det lett utledes at PBE^M øker konkavt med h , A og PBE^K . Det betyr altså at en økning i fergens hastighet, i antall anløp og fergens lastekapasitet har mindre å si på mulige tilbudte PBE over sambandet, PBE^M , jo høyere disse tallene er i utgangspunktet. En viktig følge av dette er dermed at jo større ferge en bruker i utgangspunktet jo mindre effekt har en ytterligere økning i fergestørrelsen på mulige tilbudte PBE på rundturen. En fordobling i fergestørrelsen vil, ved våre forutsetninger, derfor ikke fordoble maksimalt antall tilbudte PBE på sambandet!

Videre ser vi at PBE^M reduseres konvekst når L , t og q øker som igjen betyr at en økning i sambandslengde, manøvreringstid ved kai og ombord- og ilandkjøringstid har mindre å si jo høyere de er i utgangspunktet. Sagt på en annen måte: Jo mer effektiv manøvrering ved fergeleiene og jo mer effektiv om bord- og i landkjøring (lavere verdier på t og q), desto større blir

² Ved bare to anløpssteder ($A=2$) blir sambandslengden lik $L/2$.

³ M^M er avrundet nedover til nærmeste hele tall; dvs. hvis en ut fra (2) får $M = 5,6$, blir $M^M = 5$.

⁴ Det vil alltid gjelde når fergen bare går mellom to anløpssteder. I samband med flere enn to anløpssteder er dette et sjeldent tilfelle i praksis ettersom det vanligvis vil være biler om bord som ikke skal i land på nærmeste anløpssted til fergen. Derfor vil nok (3) vanligvis overvurdere anslåtte PBE^M for fergesamband med mer enn to anløpssteder.

de marginale endringene av en ytterligere forbedring. Videre følger av dette at en fordobling av sambandslengden fører til mindre enn en halvering av mulige tilbudte PBE per døgn.⁵

La oss ta et eksempel: Anta at en ferge med lastekapasitet på 50 PBE går mellom to steder der sambandslengden er 10 km. Fergens hastighet er på 20 km/t (11 knop), nødvendig tid til å legge til/fra kai er 4 min og tid for å kjøre om bord/iland en PBE er 15 sekunder.⁶ Dersom fergen går fullastet hele tiden, blir maksimalt antall rundturer per døgn (M^M) som følger:

$$(2.4) \quad M^M = \frac{24}{\frac{20}{20} + 2 \cdot 2 \cdot 0,07 + 2 \cdot 0,0042 \cdot 50} = 14$$

Maksimalt antall rundturer per døgn, M^M , blir altså 14. Maksimalt antall PBE som kan fraktes over sambandet per døgn; PBE^M , blir da ved de samme forutsetningene:

$$(2.5) \quad PBE^M = \frac{24 \cdot 2 \cdot 50}{\frac{20}{20} + 2 \cdot 2 \cdot 0,07 + 2 \cdot 0,0042 \cdot 50} = 1\,400$$

Maksimalt antall tilbudte PBE per døgn i dette tilfellet blir altså 1 400. I Tabell 2.1 har vi vist hvordan maksimalt antall tilbudte PBE over et samband (PBE^M) per døgn og per time, varierer med kapasiteten på fergen og rundturens lengde.

Tabell 2.1: Maksimalt antall tilbudte PBE per døgn og per time etter fergestørrelse og sambandslengde.*

Rundturens lengde	Fergens kapasitet					
	30 PBE		50 PBE		100 PBE	
	Per time	Per døgn	Per time	Per døgn	Per time	Per døgn
5 km	78	1 860	104	2 500	142	3 400
10 km	58	1 380	83	2 000	125	3 000
20 km	38	900	58	1 400	92	2 200
40 km	23	540	33	800	58	1 400

* Hastighet = 20 km/t, manøvrering til/fra kai = 4 min. og tid til om bord- og ilandkjøring = 15 sek. per PBE. M^M er avrundet nedover til nærmeste hele tall.

⁵ Det kan også være aktuelt å beregne maksimalt antall tilbudte PBE ved eksisterende seilingsplan (PBE^E). Ved en seilingsplan som innebærer M^E rundturer per døgn, er $PBE^E = M^E \cdot A \cdot PBE^K$.

⁶ Våre forutsetninger innebærer at en personbil bruker ca. 15 sek. til å kjøre om bord på fergen og tilsvarende tid til å kjøre av fergen. Et vogntog på 9 PBE vil da bruke 2 min. og 15 sek. på tilsvarende operasjon. Dersom fergen fylles helt med kjøretøy, vil ombordkjøringen ta 12,5 min. og ilandkjøringen det samme.

En nærmere analyse av tallene i Tabell 2.1 viser som ventet at antall mulig tilbudte PBE over sambandet øker konkavt med størrelsen på fergen og reduseres konvekst med sambandslengden. Det første betyr altså at en fordobling av fergestørrelsen gir mindre enn en fordobling av antall mulige tilbudte PBE (PBE^M) over sambandet, men jo lengre sambandet er desto større blir økningen i PBE^M i prosent. Når rundturens lengde eksempelvis er 10 km og 20 km, øker verdien på PBE^M per døgn med henholdsvis 50 % og 57 % når fergens kapasitet øker fra 50 PBE til 100 PBE. Videre ser vi at en fordobling av rundturens lengde, for eksempel fra 10 til 20 km, vil redusere maksimalt mulige tilbudte PBE med 30 % når fergens kapasitet er 50 PBE og med 27 % når fergens kapasitet er 100 PBE. Rundturens lengde får altså relativt mindre betydning for antall mulig tilbudte PBE per døgn desto større fergen er.

Forutsetningene som tallene i Tabell 2.1 bygger på kan opplagt diskuteres. Hastigheten varierer mellom ulike typer ferger, og nødvendig tid til manøvrering vil også variere mellom ulike ferger og i forhold til fergeleienes utforming. Terminaltiden (nødvendig tid til ombord- og ilandkjøring) varierer også betydelig mellom ferger av ulik størrelse og utforming. For eksempel påstår Fjord1 at de ved de nye 212 PBE-fergene i sambandene Halhjem-Sandvikvåg og Mortavika-Arsvågen skal kunne operere med en snutid på 10 minutter når fergene er fulle. Dette innebærer en tidsbruk på 3 sek. til om bord- og ilandkjøring per PBE. Dersom denne snutiden er reell, vil q i formel (2.2) og (2.3) kunne settes til 0,0004.

Det er rimeligvis en sammenheng mellom fergestørrelse hastighet (h) og nødvendig tid til ombord- og ilandkjøring per PBE (q). Denne sammenhengen har vi ikke empiri til å kunne estimere, men dersom en kjenner h og q for konkrete fergetyper, kan formel (2.2) og (2.3) benyttes til å gjennomføre følsomhetsanalyser for å se hvordan både M^M og PBE^M endres av for eksempel økt hastighet på fergen og redusert terminaltid gjennom en reduksjon i q . Dersom eksempelvis tiden til ombord- og ilandkjøring per PBE reduseres fra 15 sek. til 5 sek., vil maksimalt tilbudt kapasitet på en 50 PBE ferge med en hastighet på 11 knop som trafikkerer et samband med en rundturlengde på 5 km, øke fra 104 PBE per time til 150 PBE, dvs. en kapasitetsøkning på 44 %.

Tabell 2.1 gir også grunnlag for å sammenligne transportkapasiteten ved et fergesamband ved å bruke flere mindre ferger med samme totale transportkapasitet (PBE^K) som en stor ferge. Hvis en eksempelvis setter inn to identiske ferger som hver har en kapasitet på 50 PBE, har en i henhold til Tabell 2.1 en samlet transportkapasitet over sambandet per time på 166 PBE (283) når sambandslengden er 10 km. Den er altså 33 % ($166/125$) større enn ved bare en ferge på 100 PBE, ved våre forutsetninger om verdiene på h , q og t . I tillegg har fergebrukerne fordel av dobbelt så høy frekvens med to som med en ferge. Dette viser at i tillegg til total fergekapasitet knyttet til et samband, er altså antall ferger viktig. Jo kortere rundturer,

desto viktige blir antall ferger og ikke bare samlet størrelse på disse for transportkapasiteten over sambandet.

2.2.3 Maksimant antall tilbudte PBE-km

Hvis vi multipliserer maksimalt antall mulige utseilte km med fergen over døgnet ($L \cdot M^M$) med lastekapasiteten til fergen (PBE^K) får vi et mål på maksimalt antall tilbudte PBE-km over sambandet, $PBEKM^M$, per døgn. Vi har altså at:

$$(2.6) \quad PBEKM^M = L \cdot M^M \cdot PBE^K = \frac{L \cdot 24 \cdot PBE^K}{\frac{L}{h} + 2 \cdot A \cdot t + 2 \cdot q \cdot PBE^K}$$

$PBEKM^M$ er altså et mål på maksimalt transportarbeid som fergen kan utføre ved et samband per døgn hvis den er gå fullastet hele døgnet. I det regneeksemplet som er vist i kapittel 2.2.2, blir altså $PBEKM^M = 14\,000$ (20'14'50).⁷

Sammenligner vi (4) og (5) ser vi at PBE^K , h , t og q påvirker $PBEKM^M$ på samme måte som de påvirker PBE^M ; dvs. $PBEKM^M$ vil øke konkavt med h og PBE^K og reduseres konvekst med t og q . $PBEKM^M$ vil imidlertid øke konkavt med rundturens lengde og reduseres konvekst med antall anløp. Det betyr altså at rundturens lengde og antall anløp har mindre å si for maksimalt antall tilbudte PBE-km i et samband, jo lengre rundturen er og desto flere anløp en har i utgangspunktet. I Tabell 2.2, har vi anskueliggjort hvordan maksimalt antall tilbudte PBE-km, $PBEKM^M$, varierer med rundturens lengde og størrelsen på fergen.

Tabell 2.2: Maksimant antall tilbudte PBE-km per døgn og per time etter fergestørrelse og sambandslengde.*

Rundturens lengde	Fergens kapasitet					
	30 PBE		50 PBE		100 PBE	
	Per time	Per døgn	Per time	Per døgn	Per time	Per døgn
5 km	388	9 300	521	12 500	708	17 000
10 km	575	13 800	833	20 000	1 250	30 000
20 km	750	18 000	1 167	28 000	1 833	44 000
40 km	900	21 600	1 333	32 000	2 333	56 000

* Hastighet = 20 km/t, manøvrering til/fra kai = 4 min. og tid til om bord- og ilandkjøring = 15 sek. per PBE. M^M er avrundet nedover til nærmeste hele tall.

⁷ Også her kan en beregne maksimalt antall tilbudte PBE-km ved eksisterende seilingsplan ($PBEKM^E$). Ved en seilingsplan som innebærer M^E rundturer per døgn, er $PBEKM^E = M^E \cdot PBE^K \cdot L$.

Av Tabell 2.2 ser en som ventet at en fordobling av fergekapasiteten, eller en fordobling av rundturens lengde, ikke vil fordoble maksimalt antall tilbudte PBE-km. Det betyr igjen at en får flere tilbudte PBE-km over et samband ved bruk av to ferger enn ved bruk av bare en ferge som har like stor transportkapasitet som de to fergene har til sammen. Videre kan en ikke forvente at ferger som betjener samband med dobbelt så lange rundturer som ferger i andre samband, skal kunne produsere dobbelt så mange PBE-km.

2.2.4 Oppsummering kapasitetsmål

Ovenfor har vi drøftet aktuelle mål på transportkapasiteten ved et fergesamband og vist hvordan disse målene blant annet avhenger av sambandets lengde samt antall, størrelse og hastighet til fergene som betjener sambandet. De målene som vi mener er mest aktuelle er:

- Samlet transportkapasitet målt i PBE og i antall passasjerer for de fergene som betjener sambandet.
- Maksimalt antall tilbudte PBE per døgn ved sambandet.
- Maksimalt antall tilbudte PBE-km per døgn ved sambandet.

Når vi kjenner fergenes PBE kapasitet og hastighet, sambandets lengde og gjør rimelige anslag på tidsbruk til å legge til/fra kai og nødvendig tid til ombord- og ilandkjøring for hvert kjøretøy, har vi vist hvordan vi kan beregne maksimalt antall tilbudte PBE og PBE-km ved et samband per døgn. En mer vanskelig kvantifiserbar størrelse i praksis, men som er viktig når fergekapasiteten ved et samband skal vurderes, er hvor raskt kapasiteten kan forandres ved endret etterspørsel etter fergereiser.

I Tabell 2.3 har vi kortfattet oppsummert de sterke og svake sidene til de aktuelle kapasitetsmålene i fergedriften når det gjelder validitet (hva målene egentlig måler, eller ikke måler), måletekniske forhold (reliabilitet og ressursinnsats) samt kontrollerbarhet for SVV.

Som Tabell 2.3 viser, har alle kapasitetsmålene sine sterke og svake sider. Det er derfor viktig å bruke ulike kapasitetsmål når kapasiteten på et fergesamband skal beskrives.

Tabell 2.3: Styrke og svakhet ved ulike kapasitetsmål for i fergedriften i et samband.

<i>Kapasitetsmål</i>	<i>Validitet</i>	<i>Ressursinnsats og reliabilitet</i>	<i>Kontrollerbarhet</i>
Fergekapasitet:			
Antall ferger	– Sier isolert lite om kapasitet.	– Lett å måle. – God reliabilitet.	– Lett å kontrollere.
Samlet PBE-kapasitet	– Et godt mål på kapasitet.	– Greit å måle. – Relativt god reliabilitet.	– Relativt lett å kontrollere.
Samlet passasjerkapasitet	– Sier ingen ting om tilbudt kjøretøykapasitet.	– Lett å måle (passasjer-sertifikat). – God reliabilitet.	– Lett og kontrollere.
Transportkapasitet:			
Maksimalt antall PBE som kan fraktes	– Et godt mål på maksimal tilbudt kjøretøykapasitet i ”enkle” samband. – Vanskelig å anslå på samband med flere anløpssteder.	– Ressurskrevende å beregne i ”kompliserte” samband. – God reliabilitet.	– Litt vanskelig å kontrollere.
Transportarbeid:			
Maksimalt antall PBE- km som kan tilbys	– Et godt mål på transportarbeidet som kan utføres på et samband. – Sier isolert sett lite om tilbudt kjøretøykapasitet.	– Ressurskrevende å beregne i ”kompliserte” samband. – God reliabilitet.	– Litt vanskelig å kontrollere.

2.3 MÅL PÅ KAPASITETSUTNYTTELSE

De tre målene vi her skal presentere har til hensikt å si noe om hvor godt fergemateriellet ved et samband utnyttes. Vi vil kun konsentrere oss om transportkapasiteten for kjøretøy, da det er antall kjøretøy (PBE) som vanligvis er kapasitetsdimensjonerende på et samband.⁸

2.3.1 Kapasitetsutnyttelse når fergene seiler

Det mest vanlige målet her er å se på hvor mye av lastekapasiteten på fergene som er utnyttet når de seiler; dvs. å se på forholdet mellom faktisk utførte PBE-km og tilbudte PBE-km i løpet av et tidsrom; for eksempel et år:⁹

⁸ Dersom fergene blir gratis for personer uten bil, kan en imidlertid tenke seg at passasjerkapasiteten på noen samband kan bli en knapphetsfaktor, slik at fergen blir full før bildekket er fylt opp.

⁹ Ved fergetransport er det plassen til kjøretøyene og ikke deres vekt som begrenser transportkapasiteten. U_1 sier således noe om hvor mye av bildekket til fergene som er utnyttet. I uttrykket ”når de seiler” legger vi at fergene er i bevegelse.

$$(2.7) U_1 = \frac{\text{Faktisk utførte PBE} - km}{\text{Tilbudte PBE} - km} * 100\%$$

La oss ta et regneeksempel: Anta at et samband med to anløpssteder betjenes av en ferge med kapasitet på 50 PBE. Sambandslengden er 10 km, fergen har 10 daglige rundturer og frakter 400 PBE per døgn. Faktisk utførte PBE-km per døgn er 4 000 (400·10) mens tilbudte PBE-km vil være 10 000 (50·10·10·2). Kapasitetsutnyttelsen når fergen seiler, U_1 , vil da være 40 % (4 000/10 000).¹⁰ Når selskapene registrerer antall fraktede PBE mellom hvert anløpssted, kan altså U_1 lett beregnes når en kjenner fergens lastekapasitet og lengden mellom anløpsstedene.

Hvor høy U_1 i praksis kan bli på et samband, avhenger delvis av hvor mye etterspørselen varierer i sambandets åpningstid og delvis av om en tar sikte på å dekke all etterspørsel i topperiodene. Jo større svingninger i trafikken over døgnet og jo mer av etterspørselen en tar sikte på å dekke i topperiodene, desto lavere blir U_1 . Det kan en lett se ved regneeksempler. Et annet forhold som er verdt å nevne er at på noen fergestrekninger (for eksempel fergestrekningene mellom Bodø til Lofoten) er størrelsen på fergene mer dimensjonerte ut fra forholdene i det havområdet som de må seile i, enn ut fra faktisk transportetterspørsel. Det trekker i retning av lavere verdier på U_1 for ferger som seiler på åpne og lange havstrekninger.

Tabell 2.4 viser gjennomsnittlig kapasitetsutnyttelse og andel gjenstående kjøretøy på norske ferger i 2005 når de seiler (U_1). Tabellen er hentet fra Jørgensen, Solvoll og Welde (2006).

Tabell 2.4: Kapasitetsutnyttelse på fergene når de seiler*

<i>Kapasitetsutnyttelse (U_1)</i>	<i>Andel samband</i>	<i>Gjennomsnittlig andel gjenstående kjøretøy(Y)</i>
Mindre enn 20 %	25 %	0,9 %
Mellom 20 % og 30 %	48 %	1,4 %
Mellom 30 % og 40 %	21 %	2,0 %
Mellom 40 % og 50 %	5 %	2,8 %
Over 50 %	1 %	10,4 %

*Basert på 147 samband med to anløpssteder. Tall fra 2003 – 2005.

Tabell 2.4 viser at gjennomsnittlig kapasitetsutnyttelse varierer betydelig mellom samband. Vel ¼ av sambandene har en kapasitetsutnyttelse på mindre enn 20 % mens gjennomsnittlig kapasitetsutnyttelse er 25 %. En kan også merke seg at bare 1 % av sambandene har U_1 -verdier høyere enn 50 %. Det antyder at det i praksis er vanskelig å få mer enn halvparten av

¹⁰ Dersom det er de samme fergene som går på alle turene, får en samme verdi på U_1 som i (2.7) om en tar gjennomsnittlig verdi på kapasitetsutnyttelsen på alle turene over døgnet.

lastekapasiteten til fergene utnyttet når de seiler. Ellers ser vi at samband som har en gjennomsnittlig kapasitetsutnyttelse på under 30 % (over 70 % av sambandene) stort sett har en andel gjenstående kjøretøy som er lavere enn 1,5 %. For at andel gjenstående kjøretøy skal passere 2 %, må stort sett gjennomsnittlig kapasitetsutnyttelse være over 35 % - 40 %.

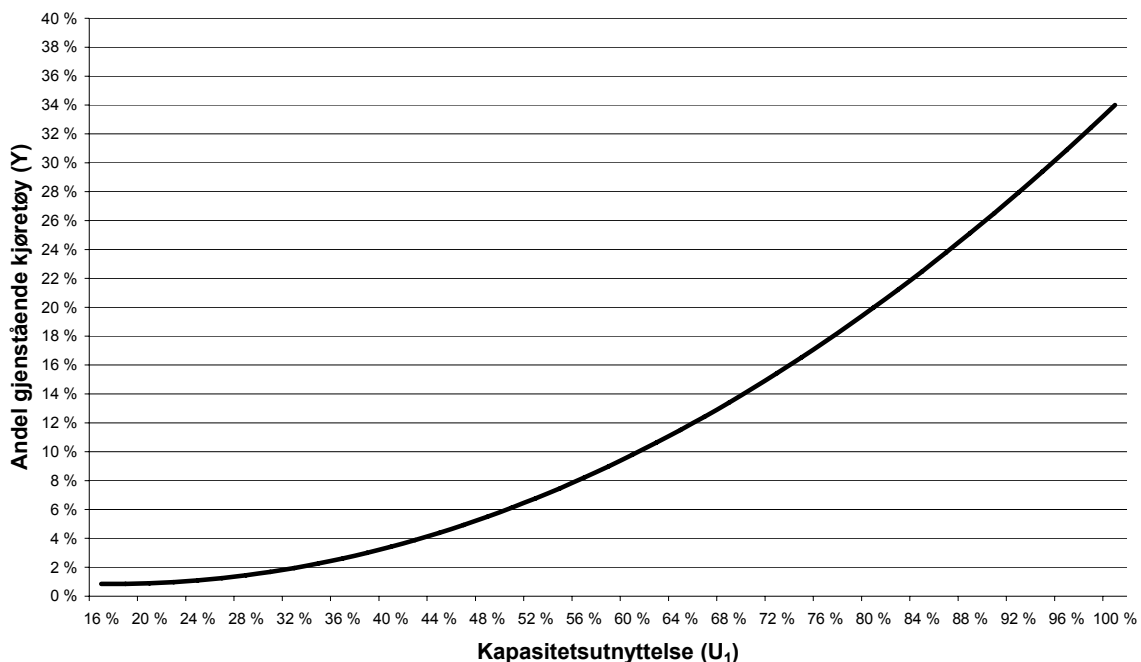
Vi har forsøkt å estimere sammenhengen mellom kapasitetsutnyttelsen på fergene (U_1) og andel gjenstående kjøretøy (Y). Basert på 147 observasjoner for samband med 2 anløpssteder for årene 2003-2005, finner vi følgende sammenheng mellom U_1 og Y (t-verdier i parentes):¹¹

$$(2.8) \quad Y = 0,022 - 0,161 \cdot U_1 + 0,479 \cdot U_1^2 \quad (R^2 = 0,227, N=147; \text{ Gjelder for alle } U_1 > 0,17)$$

$$(1,92) \quad (-1,91) \quad (3,24)$$

Når $U_1 > 0,17$ vil Y øke med U_1 . R^2 indikerer at knapt 23 % av variasjonene i andelen gjenstående kjøretøy skyldes endringer i kapasitetsutnyttelsen. Ut fra t-verdiene er sammenhengen signifikant på 1 % nivå.

Vi kan visualisere sammenhengen i formel (2.8) ved å tegne inn regresjonslinjen i et diagram. Dette har vi gjort i Figur 2.1.



Figur 2.1: Sammenhengen mellom kapasitetsutnyttelsen når fergene seiler (U_1) og andel gjenstående kjøretøy (Y).

¹¹ Vi har forsøkt flere funksjonsformer, men en funksjon med et kvadratledd gir det beste estimeringsresultatet. Her angis U_1 på desimalform.

Det kvadratiske leddet innebærer at andelen gjenstående kjøretøy er mer avhengig av U_1 desto høyere U_1 er i utgangspunktet. Dette kan for eksempel forklares ved at en høyere kapasitetsutnyttelse innebærer at flere kjøretøy må stå over flere ganger og telles dermed dobbelt.

Av Figur 2.1 ser vi at det er problematisk å unngå at andel gjenstående kjøretøy på årsbasis blir lavere enn 2 % når gjennomsnittlig kapasitetsutnyttelse overstiger ca. 35 %. Ved en gjennomsnittlig kapasitetsutnyttelse på 60 %, ser vi at andel gjenstående kjøretøy passerer 10 %.

2.3.2 Kapasitetsutnyttelse målt som andel av tiden i drift

Et annet aktuelt mål på utnyttelsen av fergene i et samband, er hvor stor andel av tiden fergene er i drift, U_2 ; dvs.:

$$(2.9) \quad U_2 = \frac{\text{Total faktisk driftstid for alle fergene}}{\text{Total mulig driftstid for alle fergene}} \cdot 100\%$$

Faktisk drifttid på hver ferge regnes vanligvis som andel av tiden hovedmotorene på fergen er i gang. Den vil i følge (2.1) og (2.2) være lik (MT) hvor altså M er antall rundturer per døgn og T er samlet tidsbruk på hver rundtur. Total mulig driftstid er samlet tid som alle fergene er tilknyttet sambandet. Hvis en ferge eksempelvis bare betjener ett samband og er i drift 12 timer per døgn, blir U_2 lik 50 %. Fergeselskapene opplyser om driftstiden ved de ulike sambandene slik at U_2 kan beregnes. Oppgitte verdier på U_2 fra selskapenes side er i praksis noe vanskelig å kontrollere for SVV, men rimeligheten i de oppgitte tallene kan til en viss grad vurderes ved hjelp av formel (2.1) og rutetabellen.

2.3.3 Samlet mål på kapasitetsutnyttelse

Et overordnet eller samlet mål på kapasitetsutnyttelsen av fergene ved et samband (U), som både tar hensyn til utnyttelsen av fergene når de seiler (U_1) og hvor stor andel av tiden de er i drift (U_2), vil være:

$$(2.10) \quad U = U_1 \cdot U_2 = \frac{\text{Faktisk utførte PBE} - km}{\text{PBEKM}^M}$$

Hvor altså $PBEKM^M$ er maksimalt antall PBE-km fergene kan utføre hvis de alltid utnytter fergedekket maksimalt og har døgkontinuerlig drift.¹²

Dersom vi som tidligere antar at gjennomsnittlig utnyttelse av fergene når de er i sjøen eller utnyttelse av fergedekkets kapasitet er 35 % mens alle fergene har en driftstid per døgn på 12 timer, blir U_2 lik 50 % og et samlet mål på fergenes utnyttelse, $U = 0,35 \cdot 0,50 \cdot 100 \% = 17,5 \%$. Det betyr igjen at fergene utfører kun 17,5 % av det transportarbeidet de maksimalt kunne ha utført.

2.3.4 Oppsummering av kapasitetsutnyttelsesmål

Oppsummert har vi altså kommet frem til at kapasitetsutnyttelsen av fergene i et samband kan uttrykkes ved følgende tre størrelser:

- Utnyttelsen av fergenes kapasitet (utnyttelsen av fergedekket) når de seiler, U_1 .
- Andel av døgnet fergene er i drift; dvs. andel av tiden de har hovedmotorene i gang, U_2 .
- Hvor stor andel faktisk antall utførte PBE-km på fergene utgjør av mulige antall tilbudte PBE-km, $U = U_1 \cdot U_2$.

Tabell 2.5 oppsummerer kort sterke og svake sider ved ulike kapasitetsutnyttelsesmål i fergedriften m.h.t. validitet (hva målene egentlig måler, eller ikke måler), måletekniske forhold (reliabilitet og ressursinnsats) samt kontrollerbarhet for SVV.

Etter vår vurdering gir både U_1 , U_2 og U et godt bilde av hvordan et fergereferi utnytter sitt fergemateriell, men det er i tillegg viktig å være klar over at verdiene på alle disse kapasitetsutnyttelsesmålene også er avhengige av forhold som fergeselskapene ikke rår over. Ferger som betjener samband i områder med lav befolkningstetthet og liten eller ingen gjennomgangstrafikk, vil naturlig nok ha lave U_1 -verdier. Store svingninger i etterspørselen over døgnet ved et samband kombinert med lange avstander til andre fergesamband (som gjør det vanskeligere å betjene flere samband med samme ferge), reduserer verdiene både på U_1 og U_2 . Også forhold ved fartsområdet fergene opererer i, kan føre til at fergene må være større enn etterspørselen skulle tilsi dersom rederiet skal kunne oppfylle pålagte sikkerhetskrav samt oppnå god regularitet og servicenivå om bord. Det gjør at en ikke automatisk skal beskyldre rederiene for ineffektiv drift – selv om U -verdiene er lave.

$$\begin{aligned}
 U &= U_1 \cdot U_2 = \frac{\text{Faktisk utførte PBEKM}}{\text{Tilbudte PBEKM}} \cdot \frac{\text{Faktisk driftstid}}{\text{Mulig driftstid}} = \frac{\text{Faktisk utførte PBEKM}}{\text{Tilbudte PBEKM}} \cdot \frac{1}{\frac{\text{Mulig driftstid}}{\text{Faktisk driftstid}}} \\
 &= \frac{\text{Faktisk utførte PBEKM}}{PBEKM^M}
 \end{aligned}$$

Tabell 2.5: Styrke og svakhet ved ulike kapasitetsutnyttelsesmål for fergedriften i et samband.

<i>Kapasitetsutnyttelsesmål</i>	<i>Validitet</i>	<i>Ressursinnsats og reliabilitet</i>	<i>Kontrollerbarhet</i>
<p>Kapasitetsutnyttelse når fergene går i rute:</p> $U_1 = \frac{\text{Faktisk utførte PBE} - km}{\text{Tilbudte PBE} - km} * 100\%$	<ul style="list-style-type: none"> – Godt mål på gjennomsnittlig utnyttelse av ferge-dekket. – Gir et signal om manglende/ for stor kapasitet ved gjeldende seilingsmønster. 	<ul style="list-style-type: none"> – Litt ressurskrevende å beregne på samband med mange anløpssteder og flere ferger av ulik størrelse. – Noe usikker reliabilitet. 	<ul style="list-style-type: none"> – Litt vanskelig å kontrollere for SVV.
<p>Kapasitetsutnyttelse som andel av driftstid:</p> $U_2 = \frac{\text{Total faktisk driftstid for alle fergene}}{\text{Total mulig driftstid for alle fergene}} \cdot 100\%$	<ul style="list-style-type: none"> – Et godt mål på fergeflåtens utnyttelse over døgnet. – Viser tilgjengelig slakk ved gitt driftsopplegg. 	<ul style="list-style-type: none"> – Relativt lett å beregne. – God reliabilitet. 	<ul style="list-style-type: none"> – Kan være litt vanskelig å kontrollere for SVV.
<p>Samlet kapasitetsutnyttelse:</p> $U = U_1 \cdot U_2 = \frac{\text{Faktisk utførte PBE} - km}{\text{PBEKM}^M}$	<ul style="list-style-type: none"> – Et godt mål på samlet kapasitetsutnyttelse ved gitt materiell. – Viser total slakk over døgnet. 	<ul style="list-style-type: none"> – Noe ressurskrevende å beregne på ”kompliserte” samband. – Noe usikker reliabilitet. 	<ul style="list-style-type: none"> – Litt vanskelig å kontrollere for SVV.

2.4 MÅL PÅ SERVICE

Innledningsvis stilte vi generelle krav til alle målene for kapasitet, kapasitetsutnyttelse og service om at de bør være målbare, pålitelige og vanskelig å manipulere for selskapene. Når det gjelder servicemål spesielt, mener vi at det er formålstjenlig å presisere ytterlige noen krav:

For det første er det mange forhold som påvirker de reisendes transportstandard ved bruk av fergetransport. For at en ikke skal drukne i data, er det derfor viktig at en konsentrerer seg om de faktorene som betyr mest. Utvelgelse av slike faktorer bør bygge på teori om måling av transportstandard i sin alminnelighet samt tilgjengelige empiriske studier.

For det andre bør de kostnadmessige konsekvensene for fergeselskapene av å endre verdiene på de fastsatte servicemålene bør kunne beregnes noenlunde nøyaktig. Hensikten med å innføre servicemål er jo å komme med anslag på optimalt servicenivå ut fra en bedriftsøkonomisk og samfunnsøkonomisk vurdering. Skal en gjøre det må en kunne anslå hva ulike servicenivå i fergedriften koster. Også ved anbudsutsettelse er det viktig for VD å vite hva endringer i verdiene på de ulike servicemålene vil koste. Det vil være avgjørende for hvilke

servicekrav VD bør legge til grunn i anbudskontraktene og når de skal vurdere rimeligheten i de anbudene som leveres.

For det tredje er det naturlig at myndighetene fokuserer på servicemål hvor det er størst sannsynlighet for avvik mellom det servicenivået selskapene ønsker og det servicenivået myndighetene ønsker. Hvis vi antar at selskapene fokuserer på bedriftsøkonomisk lønnsomhet (profitt) mens myndighetene i større grad fokuserer på samfunnsøkonomisk lønnsomhet, kan vi altså si at myndighetene bør fokusere på servicemål der det kan være store forskjeller på bedriftsøkonomiske og samfunnsøkonomiske optimale verdier. Hvis eksempelvis selskapene og myndighetene har ulike ønsker om frekvensen på et samband, kan en regne med at selskapet ikke oppfyller myndighetenes ønsker uten pålegg og kontroll. Har de imidlertid noenlunde sammenfallende ønsker om verdien på et servicemål, er det derimot unødvendig for myndighetene å kontrollere verdien på det aktuelle servicemålet.¹³

På bakgrunn av det ovenstående vil vi nedenfor fokusere på og drøfte følgende servicemål for fergedriften:

- Åpningstid.
- Frekvens.
- Pålitelighet.
- Fergenes hastighet.
- Gjenstående kjøretøy.

2.4.1 Åpningstid

Åpningstid på fergetilbudet til/fra et anløpssted på et gitt fergesamband, kan defineres som tidsrommet mellom første og siste fergeavgang fra dette anløpsstedet. Dette er et servicemål som er enkelt å måle og lett å kontrollere for SVV. Det er også et servicemål som det teknisk sett er lett å endre.

I følge de nye standardmålene for fergedriften som er beskrevet i tabell 7.8 i NTP 2006-2015, kan åpningstiden variere fra 12 timer til 24 timer per døgn. Hvor mye åpningstiden betyr for fergebrukerne, vil variere noe fra samband til samband. Hvis ønsket reiseaktivitet er relativt stor (liten) utenfor åpningstiden, tyder dette på at økt åpningstid har stor (liten) betydning for befolkningens og næringslivets transportstandard. At fordelingen av ønsket reiseaktivitet over døgnet varierer mellom samband, tyder statistikk for trafikkfordelingen over døgnet på for

¹³ Dette vil bli nærmere diskutert i kapittel 3.

ulike veier hvor en ikke er avhengig av ferger. På rv 80 (innfartsvegen til Bodø), utgjør for eksempel trafikken i tidsrommet 07.00 – 10.00 over 14 % av døgnetrafikken, mens tilsvarende tall for E6 over Saltfjellet i Nordland utgjør mindre enn 5 %. Et annet viktig poeng med åpningstid som servicemål, er at de marginale positive virkningene på transportstandarden av økt åpningstid, sannsynligvis avtar raskt ettersom trafikken normalt sett reduseres betydelig etter kl 20.00 og spesielt etter kl. 24.00. På de to vegsnittene nevnt ovenfor, utgjør eksempelvis trafikken mellom kl. 24.00 og kl. 07.00 mellom 4 % og 5 % av total døgnetrafikk.

2.4.2 Frekvens

Vårt inntrykk er at alle som er avhengig av fergetransport ser på frekvens, eller hvor ofte fergene seiler i åpningstiden, som en meget viktig kvalitetsfaktor. Frekvens er også en størrelse som er lett målbar for myndighetene og den er i likhet med åpningstid teknisk sett lett å endre. At frekvens er viktig, kan lett begrunnes: La oss anta at fergesambandets åpningstid er $\dot{A}T$ mens antall avganger i åpningstiden er M . Da blir gjennomsnittlig *skjult ventetid* (SV) for passasjerene i åpningstiden lik:

$$(2.11) \quad SV = \frac{\dot{A}T}{2M}$$

Hvis tidskostnadene per time per person ved skjult ventetid er lik k , blir altså gjennomsnittlige skjulte tidskostnader per person i åpningstiden, TK , lik:

$$(2.12) \quad TK = k \cdot \frac{\dot{A}T}{2M}$$

Hvis eksempelvis $\dot{A}T$ er 12 timer, $M = 6$ og $k = 40$, blir gjennomsnittlig skjult ventetid – og gjennomsnittlige skjulte ventetidskostnader per person lik henholdsvis 1 time og 40 kr.

Det er verdt å merke seg fra (2.11) og (2.12) at både SV og TK reduseres konvekst med M . Det betyr altså at endringer i antall avganger eller i frekvens har større virkning på befolkningens transportstandard jo lavere frekvensen er i utgangspunktet. Av (2.12) følger også at virkningene på befolkningenes transportstandard av endret frekvens blir høyere desto høyere trafikantene verdsetter ulempene ved skjult ventetid eller ved at en ikke kan reise når en vil.

Det er også viktig å huske på at økt frekvens ikke bare reduserer skjult ventetid, men også total reisetid fra dør til dør. På samband med mye fjerntrafikk slik at en stor andel av de

reisende ikke kjenner rutetidene eksakt, og/eller på samband med høy frekvens, er det rimelig å anta at de reisende ankommer fergekaiene mer tilfeldig og dermed tilnærmet uavhengig av rutetabellen. Da blir sammenhengen mellom gjennomsnittlig ventetid på fergekaia (VK) og M omtrent slik som i (2.11) slik at VK og dermed total reisetid vil reduseres når frekvensen øker. Også på ruter med lav frekvens er det imidlertid rimelig at gjennomsnittlig ventetid på fergekaiene reduseres når frekvensen øker fordi konsekvensene av å miste en fergeavgang blir mindre. Dette drøfter vi nærmere i neste kapittel.¹⁴

2.4.3 Pålitelighet i fergetilbudet

Når de reisende snakker om fergetilbudets pålitelighet mener de enten:

- Hvor stor andel av planlagte avganger som blir realiserte. Dette omtales ofte som *regularitet*.
- Om fergenes avgangtider/ ankomsttider varierer mye. Det omtales ofte som *punktlighet*.

Andel realiserte avganger av planlagte avganger

Andel realiserte avganger (AR) av planlagte avganger i henhold til rutetabellen (PR) kan defineres på følgende måte:

$$(2.13) \quad AR = \frac{FR}{PR} \cdot 100\%$$

hvor FR er faktisk antall avganger. AR øker rimeligvis når kvaliteten på fergene og fergekaiene øker. Det er også et servicemål som er lett å måle.

Vårt inntrykk er at høy verdi på AR er viktig for fergebrukerne. Hyppige kanselleringer av avganger skaper betydelig usikkerhet blant fergebrukerne og gjør at de kanskje garderer seg med å ta avganger tidligere enn strengt tatt nødvendig for å rekke avtaler og leveringstider.¹⁵

¹⁴ Hvis frekvensen på et kollektivtilbud overstiger 4-6 per time, viser empiriske undersøkelser at alle som ikke reiser svært ofte møter opp tilfeldig, og da gjelder at $(VK = \dot{A}T/2M)$. Så høy frekvens har en ikke på norske fergesamband, men uansett er det altså rimelig å anta at VK reduseres når M øker.

¹⁵ Dette er blant annet dokumentert i Solvoll og Mathisen (2005) i forhold til arbeidspendlernes tilpasninger ved bruk av fergetilbudet mellom Festvåg og Misten i Nordland.

Det bidrar igjen til lengre forventet transporttid.¹⁶ Jo lavere frekvensen er på fergene, desto mer viktig som servicemål blir AR. Det er mer alvorlig at en fergeavgang kanselleres desto sjeldnere fergen går. På den måten kan en si at frekvens (M) og AR er substituerbare servicemål i den forstand at jo høyere verdi en har på den ene størrelsen desto mindre effekt på transportstandarden har endringer i verdien på det andre servicemålet.¹⁷

Det er også her verdt å nevne at lav verdi på AR ikke alltid kan lastes fergerederiene. Noen fergekaier ligger slik til at de er svært vanskelig å anløpe under spesielle værforhold.

Variasjoner i avgangs- og ankomsttidene

Her tenkes det på at ankomst- og avgangtidene varierer. Hvordan slik usikkerhet påvirker de reisendes transportstandard, er forsøkt illustrert i Figur 2.2. Anta at $F_1(X)$ er sannsynlighetsfordelingen for fergens avgangstid, X , fra et sted i utgangspunktet. Forventet avgangstid er lik EX . Slike "høyreskjeve" sannsynlighetsfordelinger (for eksempel lognormale fordelinger) er det vanlig å observere for transportmidlers ankomst-/avgangstider. Ved slike fordelinger vil medianverdien på ankomst-/avgangstidene være lavere enn gjennomsnittsverdien.

Hvis de fergereisende kjenner denne fordelingen og godtar en bestemt sannsynlighet, q^* , for ikke å nå fergen, vil de ankomme fergekaia på tidspunkt X^* . Forventet ventetid på fergekaia, EVK_1 , blir dermed $(EX - X^*)$. Hvis variasjonene i fergens avgangstider blir mindre mens forventet avgangstid EX forblir konstant, slik at sannsynlighetsfordelingen $F_2(X)$ gjelder og at passasjerene fremdeles godtar sannsynligheten q^* for ikke å nå fergen, vil de nå ankomme fergekaia på tidspunkt X^{**} . Forventet ventetid på fergekaia, EVK_2 , blir nå $(EX - X^{**})$ - altså lavere enn EVK_1 . Ved siden av at mindre variasjoner i fergens avgangstider fører til redusert usikkerhet i reisetidene, har de altså også ført til mindre forventet ventetid for de fergereisende på fergekaiene og dermed til kortere total reisetid. Jo høyere ventetidskostnader per tidsenhet de fergereisende har, desto større positiv betydning har således økt pålitelighet i avgangstidene.

Av Figur 2.2 er det også lett å se at forventet ventetid på fergekaia både før og etter at punktligheten er blitt bedre, reduseres når godtatt sannsynlighet for ikke å nå fergen (q^*) øker. Også reduksjonen i forventet ventetid ($EVK_1 - EVK_2$) av endret punktlighet, blir mindre når

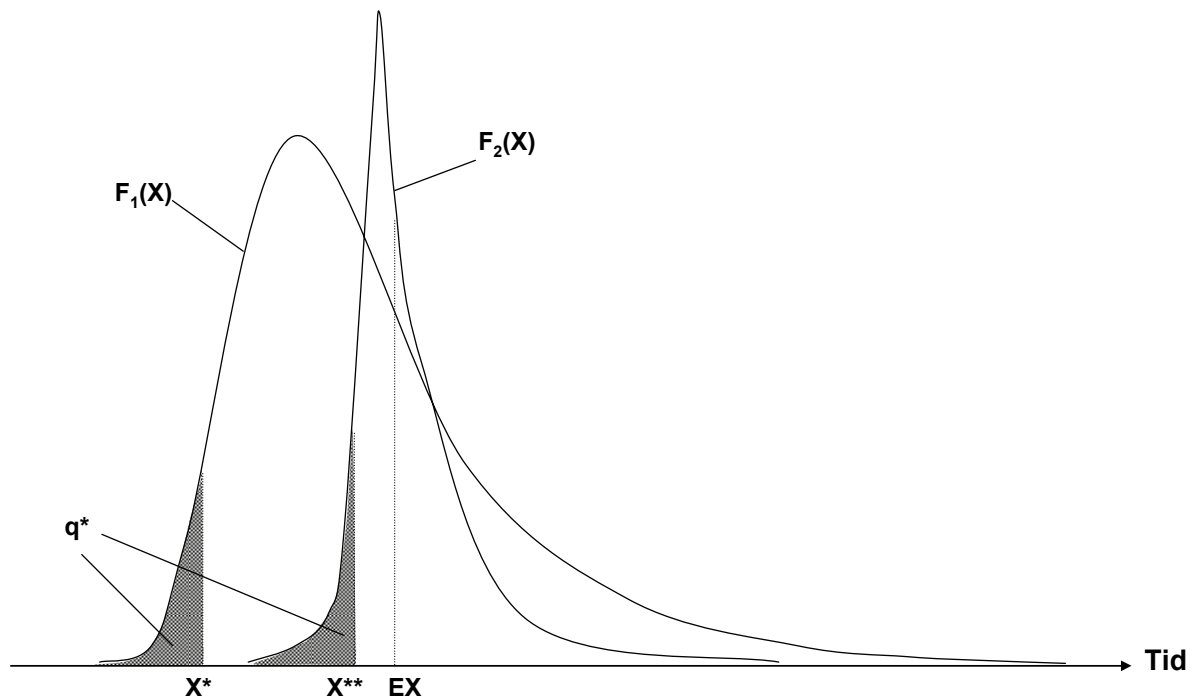
¹⁶ Dette spørsmålet har blitt aktualisert i Nordland høsten 2006 ettersom fergen på sambandet Bodø-Værøy-Røst har hatt hyppige kanselleringer av Værøy. Det er også viktig å huske på at andel kanselleringer på et sted som innbefattes av rundturen, alltid er lik eller større enn andel kansellerte rundturer.

¹⁷ Når det gjelder flytrafikken, så registreres regulariteten (andel gjennomførte avganger i forhold til antall planlagte avganger) på alle norske lufthavner som eies av Avinor. Regulariteten splittes opp på selskap. Statistikken publiseres på www.avinor.no.

q^* øker. Ettersom ulempene av ikke å nå en bestemt fergeavgang blir mindre desto høyere frekvens fergen har, fører dette til at q^* øker med frekvensen på fergen. Det ovenstående fører igjen til at punktlighet og frekvens er alternative serviceindikatorer i den forstand at forbedring av den ene reduserer effekten av en forbedring av den andre.

Som påpekt ovenfor gjelder resonnementene i tilknytning til Figur 2.2 for reisende som har reist en del fra dette spesielle stedet, slik at de har gjort seg opp en formening om sannsynlighetsfordelingen for fergens avgangtider. Hvis fergen går relativt ofte, og den i tillegg har mange sjeldne brukere, vil de reisene ankomme fergekaiene mer tilfeldig. Da har i prinsippet fergenes punktlighet lite å si for ventetiden og dermed for transportstandarden.

Et annet forhold som vil øke usikkerheten i fergenes anløpstider, er hvis noen steder anløpes på signal. Usikkerhet i anløpstidene av slike årsaker kan ikke lastes fergeselskapene.



Figur 2.2: Virkninger på de fergereisendes ventetid av bedret punktlighet – en prinsippskisse

Selv om sannsynlighetsfordelinger for fergens ankomst/avgangtider gir de mest korrekte bilder av punktligheten, er det i praksis vanskelig å bruke slike fordelinger siden de krever mye datagrunnlag samtidig med at de målene en da har på usikkerheten kan være vanskelig å tolke for mange (for eksempel standardavvik). Et mer forståelig og operasjonelt mål på punktligheten kan eksempelvis være andel av avgangene/ankomstene som er mindre enn 5

minutter etter rutetabellen.¹⁸ Selv om dette målet er lett å registrere for selskapene, er det imidlertid vanskelig å kontrollere for myndighetene.

2.4.4 Fergenes hastighet

Ettersom transport er å forflytte seg fra et sted til et annet, er det rimelig å anta at hastigheten til et transportmiddel har mye å si for transportstandarden, og vil dermed være et viktig servicemål. For å drøfte viktigheten av hastighet spesielt for fergetransport, vil vi ta utgangspunkt i en enkel modell. Anta at de totale generaliserte reisekostnader fra dør til dør for en reisende er G , og at reisen innbefatter en fergetur på L km. G kan da skrives som:

$$(2.14) \quad G = k \cdot \left(a_0 + \frac{L}{h}\right) + (b_0 + b_1 L) = (ka_0 + b_0) + \left(\frac{k}{h} + b_1\right)L$$

hvor a_0 er avstandsuavhengig tidsbruk for den fergereisende, b_0 er avstanduavhengig takst eller grunntakst, b_1 er økningen i takstene for hver ekstra km fraktet og k er tidskostnadene per time slik at k/h blir tidskostnadene per ekstra km reist med fergen. Uttrykket $(ka_0 + b_0)$ i (2.14) kan tolkes som avstandsuavhengige generaliserte reisekostnader mens uttrykket $(k/h + b_1)$ viser økningen i generaliserte reisekostnader når selve fergereisen øker med 1 km. Av (2.14) følger at:¹⁹

$$(2.15) \quad \frac{\partial G}{\partial h} = \frac{-kL}{h^2} < 0 \quad \text{og} \quad EL_h G = \frac{-kL}{h(ka_0 + b_0) + h\left(\frac{k}{h} + b_1\right)L}$$

La oss se nærmere på uttrykkene i (2.15): Det første uttrykket i (2.15), $(\partial G / \partial h)$, viser hvordan en marginal økning i hastigheten påvirker de generaliserte kostnadene for en reisende i absolutt forstand. Det er lett å se av denne at hastigheten vil påvirke G mer jo lavere den er i utgangspunktet, desto høyere tidskostnader (k) den reisende har og jo lenger avstand (L) han/hun skal reise med fergen. Hvis eksempelvis $h = 20$ km/t, $k = 50$ kr/t og $L = 10$ km, blir $(\partial G / \partial h) = -1,25$; dvs. at en økning i hastigheten på 1 km/t, vil redusere de generaliserte reisekostnadene med 1,25 kr. Er hastigheten 30 km/t i utgangspunktet, blir $(\partial G / \partial h) = -0,55$; en

¹⁸ Når det gjelder flytrafikken registreres forsinkelser på alle flyavganger fra de lufthavnene som drives av Avinor. På www.avinor.no publiseres gjennomsnittlig forsinkelse for de avgangene som ikke går på rutetid, fra hver lufthavn fordelt på flyselskap.

¹⁹ Med avstandsuavhengig tidsbruk og kostnader menes tidsbruk og kostnader som er uavhengig av lengden på selve fergereisen.

hastighetsøkning på 1 km/t på fergen har dermed mindre absolutt effekt på generaliserte reisekostnader.

Et bedre bilde av betydningen av fergens hastighet, får en ved å se på det andre uttrykket i (2.15), $EL_h G$, dvs. hvilken prosentvis reduksjon i generaliserte reisekostnader gir 1 prosent økning i fergens hastighet. Det kan lett vises av uttrykket for $EL_h G$ at hastigheten på fergen vil ha relativt mindre betydning for transportstandarden til de fergereisende, jo høyere hastigheten er i utgangspunktet, jo kortere fergestrekningen er, jo lavere tidskostnader den fergereisende har og endelig desto lengre tid han/hun har brukt på reisen utenom tiden på selve fergen. Tiden på fergen sin andel av total reisetid fra dør til dør er altså viktig; jo lavere den er desto mindre relativ betydning har fergens hastighet for transportstandarden.

La oss som før anta at $h = 20$ km/t, $k = 50$ kr/time for alle fasene under reisen og $L = 10$ km. I tillegg forutsetter vi at den fergereisende totalt sett bruker 1 time reisetid utenom tiden på fergen ($a_0 = 1$). Ut fra den takstfunksjonen som gjelder for personbiler i 2006, og reiselengde til/fra fergeleiene, har vi skjønnsmessig satt $b_0 = 100$ kr og $b_1 = 4,76$ kr. Setter vi inn disse tallene i formelen for $EL_h G$, får vi at $EL_h G = -0,11$. Øker reiselengden med fergen til 20 km, blir $EL_h G = -0,17$. I disse regneeksemplene vil altså en 10 % økning i hastigheten på fergen føre til 1,1 % reduksjon i den fergereisendes generaliserte reisekostnader når reisen er 10 km mens reduksjonen vil øke til 1,7 % når reiselengden blir 20 km. I begge tilfellene er reduksjonene relativt små.

Oppsummert kan vi derfor konkludere med at hvor viktig fergens hastighet er som servicemål, vil variere mye fra samband til samband. Hastigheten vil være et lite viktig servicemål på korte fergestrekninger med mye fjerntrafikk, men viktigere på lengre samband med mye lokaltrafikk. Også trafikantenes tidskostnader vil spille inn; jo høyere tidskostnader desto mer betyr fergenes hastighet.

Fergenes hastighet når de går i rute er lett å observere for selskapene. Når en vet sambandslengder og rutetider, er disse tallene også lett å kontrollere for SVV.

2.4.5 Gjenstående kjøretøy og ventetider

Andel gjenstående kjøretøy (Y) sier noe om sannsynligheten for at en tilfeldig fergereisende ikke skal få den tjenesten som han/hun er forespeilet i henhold til ruteplanen. Hvis for eksempel 10 % av de reisende på et samband ikke får plass på planlagt fergeavgang, er altså sannsynligheten 10 % for at ønsket reiseprogram ikke blir realisert. At bare $(100-Y)$ % av de reisende kommer med planlagte fergeavganger, er for så vidt analogt med andel realiserte

turer av planlagte turer, $AR = (100-Y)$; dvs. at bare $(100-Y)$ % av planlagte turer blir gjennomførte.²⁰ I motsetning til AR er imidlertid Y mer ressurskrevende å anslå for fergeselskapene samtidig med at deres rapporterte tall er ressurskrevende å kontrollere for SVV. Innrapporterte tall for Y til SVV kan derfor være usikre.

Etter vår vurdering er andel gjenstående kjøretøy et viktig servicemål. For uten at en økning i sannsynligheten for ikke å komme med fergen gjør total reistid mer usikker, vil den også øke forventet total reisetid ettersom fergebrukerne vil møte tidligere opp på fergekaiene fordi at frykten for ikke å få plass øker.

En mer vanlig måte å angi et servicemål eller servicekrav på, er å sette et mål på hvor stor andel av etterspørselen som skal dekkes i en gitt tidsperiode. Således burde VD sette krav til hvor stor andel av kjøretøyene på et samband som skal komme med ønsket avgang i løpet av en tidsperiode, og ikke hvor stor andel kjøretøy som *ikke* skal få komme med. Dvs. at en benytter $(100-Y)$ i stedet for Y , og eksempelvis opererer med servicenivå på 97 % og ikke på 3 %.

I tillegg til andel gjenstående kjøretøy vil gjennomsnittlig ventetid for gjenstående biler være en viktig serviceindikator. Denne ventetiden vil reduseres når frekvensen til fergene øker. I likhet med noen andre servicemål som vi har omtalt ovenfor, er derfor frekvens og andel gjenstående kjøretøy substituerbare servicemål i en viss forstand; når frekvensen øker vil ventetiden per kjøretøy reduseres. Dermed avtar den positive effekten av å redusere andel gjenstående kjøretøy.²¹

2.4.6 Oppsummering av servicemål

Ovenfor har vi drøftet viktigheten av noen sentrale servicemål for fergedriften, hva som påvirker servicemålenes viktighet og mulighetene for å få pålitelige anslag på de ulike målene. De målene vi har benyttet er:

- *Åpningstiden* for sambandet; dvs. tidsrommet mellom første og siste fergeavgang fra et anløpssted.

²⁰ En viktig forskjell er at hver reisende kan påvirke sannsynligheten for å komme med fergen ved å ankomme fergeleiet tidlig, mens hver reisende ikke kan påvirke fergenes regularitet.

²¹ Anta fergen har M avganger i åpningstiden, $\hat{A}T$ og at Z er tiden den fergereisende ventet på den avgangen han/hun planla og reise med, men som de ikke fikk plass på ($Z < \hat{A}T/M$). Hvis vi antar at Z ikke påvirkes av M , blir ventetiden for den fergereisende da $(Z + \hat{A}T/M)$. Hvis sannsynligheten for å måtte stå over en fergeavgang er p , blir dermed forventet ventetid på fergekaia lik: $p(Z + \hat{A}T/M) + (1-p)Z = Z + p \cdot \hat{A}T/M$.

- *Frekvensen* målt med antall ganger en kan reise fra et anløpssted i løper av sambandets åpningstid.
- *Påliteligheten* til fergetilbudet målt med andel realiserte avganger i forhold til planlagte avganger (regularitet) og variasjonene i ankomst/avgangstidene (punktlighet).
- *Hastigheten* til fergene.
- *Andel gjenstående kjøretøy og ventetid* for gjenstående kjøretøy.

Av disse servicemålene er viktige mål som åpningstider og frekvens lett å observere og lett å kontrollere for myndighetene. Hvis selskapene ikke holder seg til rutetabellene vil nemlig fergebrukerne raskt reagere. Det vet selskapene. Derfor vil de forsøke å følge rutetabellen. Pålitelighet målt med andel avganger som blir realiserte i forhold til planlagte avganger er også lett å registrere for selskapene. Kontrollrutinene fra SVV er vel også så pass gode at de får riktig informasjon om dette.

Når det gjelder fergenes punktlighet, målt eksempelvis med andel av fergene som kommer/går mindre enn 5 minutter etter ruteplanen, så kan selskapene greit registrere dette, men det krever selvfølgelig en del tid. Dessuten vil selskapenes oppgitte tall her være vanskelig å kontrollere for SVV, slik at en kan stille spørsmål ved påliteligheten av dem.²²

Fergenes rutehastighet kjenner naturlig nok selskapene, og den vil også være lett å beregne for alle parter når en kjenner rutetabellen. Antall gjenstående biler vil imidlertid i praksis være nokså vanskelig å registrere pålitelig for rederiene med dagens teknologi. Det gjør at dette tallet blir usikkert - også for rederiene. I tillegg kan myndighetene vanskelig kontrollere rederienes anslag. Det gjør at oppgitte tall til SVV antageligvis er ganske usikre. I et anbudsregime vil det således være noe problematisk å benytte gjenstående biler som servicemål, spesielt hvis en i kontrakten mellom operatør og Statens vegvesen benytter andel gjenstående kjøretøy som et objektivt mål for når kapasiteten skal økes. Hvis rederiet må bære alle, eller store deler av kostnadene ved kapasitetsøkningen, vil rederiet ha incitament til å underrapportere antall gjenstående biler.

Gjennomsnittlig ventetid for gjenstående biler, kan imidlertid anslås ganske nøyaktig når en kjenner frekvensen, se fotnote 21. Et pålitelig anslag på de totale ulempene ved ikke å komme med planlagt fergeavgang, betinger imidlertid korrekt rapportering av antall gjenstående kjøretøy.

²² Som tidligere nevnt, måles både regularitet og punktlighet fra alle lufthavner som eies av Avinor. Det er i følge Avinor betydelig usikkerhet knyttet til disse tallene, noe som gjør at nytten av denne informasjonen er begrenset.

Et annet moment i tilknytning til registrering av gjenstående kjøretøy og gjennomsnittlig ventetid for disse, er at antall personer (kjøretøy) som ønsker å benytte en spesiell fergeavgang, kan være større enn det antall gjenstående kjøretøy indikerer. Slike situasjoner kan spesielt oppstå i tilfeller der regulære fergebrukere vet at det ikke er mulig å komme med en bestemt fergeavgang, slik at de ikke møter opp på fergekaia. Dette er blant annet dokumentert i Amundsveen og Øines (2002) i forhold til fisketransporter fra øya Lovund i Nordland. Slike problemstillinger vil spesielt kunne forekomme på samband med lav frekvens og mye lokaltrafikk. Telling av antall gjenstående kjøretøy og beregning av gjennomsnittlig ventetid for disse, vil da kunne gi et for lavt anslag på ulempene knyttet til kapasitetsproblemene på slike fergesamband.

Videre har vi påpekt at effekten på fergebrukernes transportstandard av endringer i ulike servicemål eller viktigheten av ulike servicemål, er gjensidig avhengig av hverandre i den forstand at verdien på et servicemål påvirker viktigheten av et annet servicemål og vice versa. Jo høyere frekvens på fergene desto mindre viktig blir eksempelvis pålitelighet og andel gjenstående biler som servicemål.

Det er selvfølgelig andre faktorer enn dem vi har nevnt ovenfor som påvirker den opplevde kvaliteten på fergetjenestene. Størrelsen på og komforten om bord på fergene, vil kunne redusere passasjerenes tidskostnader per tidsenhet under overfarten, f.eks. ved at en kan få kjøpt god mat om bord. Disse forholdene vil ha størst betydning på lange fergesamband og spesielt der fergene krysser åpne havområder som for eksempel fergene over Vestfjorden i Nordland. På samband hvor overfartstidene er kortere enn en time har disse forholdene mindre å si. Vårt inntrykk er at billistene på korte fergeturer ofte sitter i bilene under overfarten – og da har kvaliteten om bord og servicen der mindre å si. Dessuten er det vanskelig å finne pålitelige indikatorer på servicen om bord i fergene. Fergestørrelse kan selvfølgelig lett registreres, men de viktigste virkningene av endret fergestørrelse er andel gjenstående biler og det har vi med som servicemål.

Oppsummert mener vi derfor at de servicemålene som vi har fokusert på er tilstrekkelige for at VD skal ha god informasjon om kvaliteten på fergetilbudet ulike steder i landet.

I Tabell 2.6 har vi kortfattet oppsummert de sterke og svake sidene til de aktuelle servicemålene i fergedriften når det gjelder validitet (hva målene egentlig måler, eller ikke måler), måletekniske forhold (reliabilitet og ressursinnsats) samt kontrollerbarhet for SVV.

Tabell 2.6: Styrke og svakhet ved ulike servicemål i fergedriften.

<i>Servicemål</i>	<i>Validitet</i>	<i>Ressursinnsats og reliabilitet</i>	<i>Kontrollerbarhet</i>
Åpningstid	<ul style="list-style-type: none"> – Sier noe om reise- fleksibiliteten. – Lett og raskt å endre. 	<ul style="list-style-type: none"> – Lett å måle. – God reliabilitet. 	<ul style="list-style-type: none"> – Lett å kontrollere for SVV.
Frekvens	<ul style="list-style-type: none"> – Sier mye om reise- fleksibiliteten. – Lett å endre. 	<ul style="list-style-type: none"> – Lett å måle. – God reliabilitet. 	<ul style="list-style-type: none"> – Lett å kontrollere for SVV.
Pålitelighet	<ul style="list-style-type: none"> – Gir viktig informasjon om planlagt reiseaktivitet vanligvis kan gjennomføres. 	<ul style="list-style-type: none"> – Noe ressurskrevende å måle (spesielt punktlighet). – Usikker reliabilitet. 	<ul style="list-style-type: none"> – Ressurskrevende å kontrollere for SVV.
Hastighet	<ul style="list-style-type: none"> – Viktig i lange samband – lite viktig på korte samband. 	<ul style="list-style-type: none"> – Relativt lett å måle (marsjfart). – God reliabilitet. 	<ul style="list-style-type: none"> – Relativt lett å kontrollere for SVV.
Andel gjenstående kjøretøy	<ul style="list-style-type: none"> – Gir viktig informasjon om sannsynligheten for å komme med ønsket avgang. 	<ul style="list-style-type: none"> – Ressurskrevende å registrere på trafikksterke samband. – Dårlig reliabilitet. 	<ul style="list-style-type: none"> – Lett å manipulere. – Vanskelig for SVV å kontrollere.
Gjennomsnittlig ventetid for gjenstående kjøretøy.	<ul style="list-style-type: none"> – Gir viktig informasjon om ulempene ved å måtte vente. 	<ul style="list-style-type: none"> – Kan anslås når en vet frekvensen. – Dårlig reliabilitet. 	<ul style="list-style-type: none"> – Kan kontrolleres noenlunde nøyaktig av SVV.

3. OPTIMALT SERVICENIVÅ – EN PRINSIPELL DRØFTING

I dette kapitlet vil vi innledningsvis gjøre noen betraktninger om optimalt servicenivå ut fra en samfunnsøkonomisk synsvinkel og eksemplifisere det ved å bruke andel gjenstående kjøretøy som servicemål. Deretter vil vi se nærmere på forskjeller mellom bedriftsøkonomiske og samfunnsøkonomiske verdier på hva som er optimal service.

3.1 PRINSIPP FOR BESTEMMELSE AV OPTIMALT SAMFUNNSØKONOMISK SERVICENIVÅ

I kapittel 2.4 drøftet vi aktuelle servicemål for fergedriften. De målene vi diskuterte var åpningstid, frekvens, fergetilbudets pålitelighet, fergenes hastighet og andel gjenstående kjøretøy samt ventetiden for disse. Servicen på et fergesamband kan således økes ved for eksempel utvidet åpningstid, flere avganger, bedre regularitet, redusert overfartstid eller ved å øke sannsynligheten for å komme med ønsket avgang. Uavhengig av hvilke serviceelementer en diskuterer, bør en ut fra en samfunnsøkonomisk vurdering legge følgende to hovedprinsipper til grunn når optimalt servicenivå skal bestemmes:

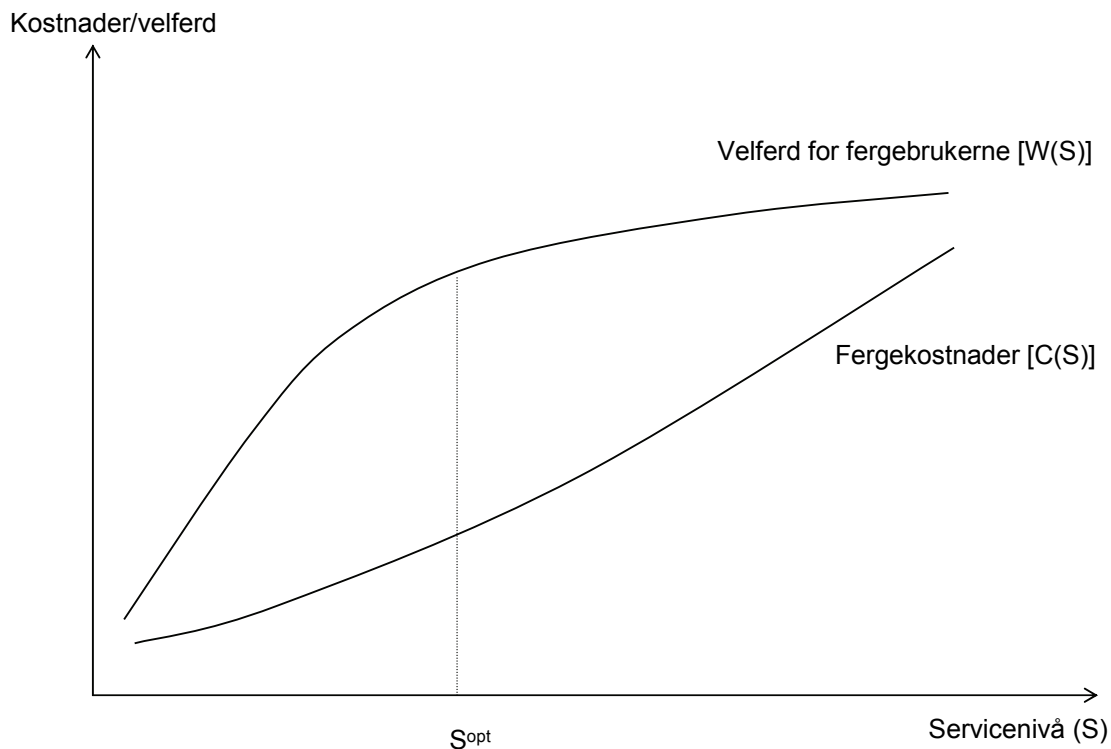
- Den siste krone anvendt på bedre service på fergene i et fergesamband, bør gi like stor velferdsøkning for fergebrukerne uansett hvordan den brukes.
- En bør øke servicen til det nivået der fergebrukernes marginale betalingsvillighet for en ytterligere serviceøkning er lik de samfunnsøkonomiske kostnadene ved denne økningen.²³

Det siste prinsippet ovenfor kan sammenfattes i prinsippskissen i Figur 3.1.

Økt service på et fergesamband fører til økte fergekostnader mens fergebrukerne vil - alt etter hvilke serviceelementer som forbedres, oppleve økt velferd i form av mindre skjult ventetid, kortere ventetid på fergeleiene og mindre sannsynlighet for ikke å komme med ønsket fergeavgang etc. I Figur 3.1 antas det at sammenhengen mellom fergebrukernes velferd, W , og servicenivået er som vist ved kurve $W(S)$ i figuren. Denne kurven viser at den marginale gevinsten av en ytterligere serviceøkning blir mindre jo høyere servicen er i utgangspunktet. Det er rimelig ut fra det vi tidligere har skrevet om mange servicemål; de marginale positive virkningene for fergebrukerne av økt frekvens og hastighet reduseres eksempelvis når disse størrelsene øker. En økning av frekvensen fra 8 til 9 avganger gir for eksempel større velferdsøkning for fergebrukerne enn en økning fra 18 til 19 avganger. Videre forutsettes

²³ Budsjettrestriksjoner kan gjøre at denne målsettingen ikke kan oppfylles, se Figur 3.3.

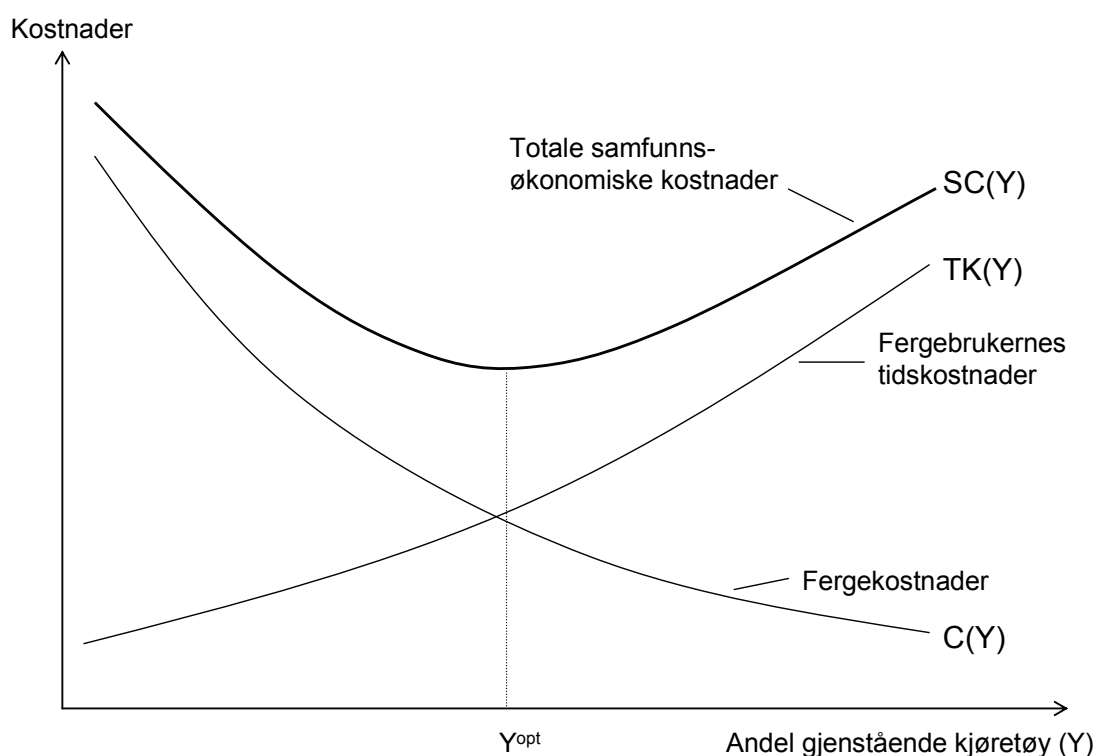
fergekostnadene (C) å øke konvekst med økende service; dvs. at marginalkostnadene for fergeselskapet av å gi økt service blir høyere desto høyere servicenivået er i utgangspunktet.



Figur 3.1: Fastsettelse av optimalt servicenivå – en prinsippskisse

Der avstanden mellom fergebrukernes nytte av et gitt servicenivå og fergekostnadene er størst, finner vi det optimale servicenivået. Optimalt servicenivå (S^{opt}) er dermed når $\partial W / \partial S = \partial C / \partial S$; dvs. når nytten for fergebrukerne av en ytterligere økning i servicen er lik kostnadsøkningen for fergeselskapene ved denne serviceøkningen. Ut fra en samfunnsøkonomisk betraktning bør altså servicenivået økes så lenge fergebrukernes betalingsvillighet for et høyere servicenivå er større enn kostnadsøkningen ved økt servicenivå. Anslaget på kostnadene ved å øke servicenivået - eksempelvis av å øke åpningstiden i et fergesamband fra 12 til 14 timer, er mulig å anslå rimelig nøyaktig. Det er imidlertid betydelig vanskeligere å kvantifisere nytten for fergebrukerne av 2 timer lengre åpningstid. Dermed er beliggenheten til W -kurven i Figur 3.1 og følgelig optimalt servicenivå (S^{opt}), vanskelig å anslå nøyaktig i praksis.

La oss illustrere utfordringen ved fastsettelse av riktig servicenivå med utgangspunkt i servicemålet ”gjenstående kjøretøy”. Hvordan andel gjenstående kjøretøy (Y) påvirker summen av fergekostnader (C) og brukernes tidskostnader (TK) eller de totale samfunnsøkonomiske kostnadene ved et fergesamband, SC , kan enklest illustreres som i Figur 3.2.



Figur 3.2: Fastsettelse av optimalt antall gjenstående kjøretøy – en prinsippsskisse.

Fergekostnadene vil reduseres desto større andel gjenstående kjøretøy en aksepterer. Eller motsatt; kostnadene vil øke desto lavere andel gjenstående kjøretøy en aksepterer. Det siste skyldes at rederiet må øke kapasiteten (større ferge og/eller flere frekvenser) for å redusere andelen gjenstående kjøretøy. Fergekostnadene påvirkes i stor grad av fergestørrelsen (PBE-kapasiteten), og type ferge som varierer etter fartsområde, samt fergens transportarbeid (utseilte km). I praksis vil ikke kostnadskurven være glatt slik den er tegnet i figuren, men mer sprangvis økende mot venstre når en større ferge settes inn, eller frekvensen til eksisterende ferge økes. Når andel gjenstående kjøretøy øker, øker også fergebrukernes totale tidskostnader, delvis på grunn av økt ventetid ved at en ikke kommer med ønsket avgang, og delvis på grunn av økt ventetid på fergeleiene ved at en møter opp tidligere på fergekaia for å øke sannsynligheten for å komme med ferga. Det er rimelig at fergebrukernes ventetidskostnader øker konvekst med antall gjenstående kjøretøy slik at en ytterligere reduksjon i andel gjenstående kjøretøy har mindre virkning på brukerkostnadene jo mindre denne andelen er i utgangpunktet.

Optimalt antall gjenstående kjøretøy (Y^{opt}), vil være der summen av fergekostnader og fergebrukernes ventetidskostnader er lavest, eller der $\partial TK / \partial Y = -\partial C / \partial Y$. Dersom en kjenner driftskostnadene til aktuelle ferger av ulik størrelse, er det mulig beregne økningen i totale

driftskostnader ved å få ned andel gjenstående kjøretøy – enten ved å sette inn større ferger i et fergesamband eller at de fergerne som brukes seiler mer. Det er også mulig å gi et anslag på fergebrukernes økte tidskostnader dersom et kjøretøy ikke kommer med en avgang, når en kjenner gjennomsnittlig ekstra ventetid de reisende påføres, se kapittel 2.4.5. Det sees lett av Figur 3.2 at dersom fergebrukernes tidskostnader øker slik at kurven $TK(Y)$ blir brattere, vil Y^{opt} reduseres. Det samme vil skje hvis kostnadene øker mindre når Y reduseres, ($\partial C / \partial Y$ blir mindre bratt). Det betyr igjen at optimalt andel gjenstående kjøretøy fra et samfunnsøkonomisk ståsted vil variere fra samband til samband.

La oss anta at en 50 PBE-ferge betjener et samband med to anløpssteder. Fergen frakter 150 000 kjøretøy i året og det er 7 500 gjenstående kjøretøy hvert år. Dermed blir $Y = 5\%$ som igjen tilsvarer en servicegrad på 95 %. VD ønsker en servicegrad på 97 % (4 500 gjenstående kjøretøy), og antar at en ved å sette inn en 65 PBE-ferge vil kunne oppnå dette servicenivået. Denne ferga har tidligere vært reserveferge, men en vil nå heller benytte 50 PBE-fergen til reservebåt. Årlige merkostnader, og dermed tilskuddsbehov, ved denne omrokkingen er anslått til 800 000 kr (inkl. skattekostnader). Dersom omrokkingen kun får virkninger i det aktuelle sambandet, vil innsettingen av den nye ferga være samfunnsøkonomisk lønnsom dersom fergebrukernes ventetidskostnader reduseres med mer enn 800 000 kr på årsbasis. Dersom vi antar at et gjennomsnittskjøretøy får ekstra ventetidskostnader på 200 kr dersom kjøretøyet ikke kommer med fergen som planlagt, vil 3 000 færre gjenstående kjøretøy gi reduserte ventetidskostnader på 600 000 kr per år. Omrokkingen er således ikke samfunnsøkonomisk lønnsom å gjennomføre, dersom tiltaket ikke genererer annen nytte enn reduserte ventetidskostnader på 600 000 kr for de nåværende reisende.

En annen måte å fastsette servicenivået på, og derigjennom indirekte andel gjenstående kjøretøy, vil være å ta utgangspunkt i mer overordnede politiske målsettinger for fergedriften, og forsøke å operasjonalisere disse gjennom fastsettelse konkrete servicemål for ulike typer fergesamband.²⁴ Da vil Y^{opt} være politisk bestemt ved at det defineres et servicenivå knyttet til andel gjenstående kjøretøy for sambandet. Dersom eksempelvis fergerne i et samband frakter 80 000 kjøretøy årlig, og servicemålet ”andel gjenstående kjøretøy” settes til 2 %, kan det maksimalt aksepteres 1 600 gjenstående kjøretøy per år.

3.2 BEDRIFTSØKONOMISK OG SAMFUNNSØKONOMISK SERVICENIVÅ

Som påpekt innledningsvis i kapittel 2.4 vil det være viktig for VD å fokusere på servicemål som har stor betydning for fergebrukernes transportstandard og hvor det kan være betydelige

²⁴ Det er denne tilnærmingen som er lagt til grunn ved forslag til ny driftstandard for fergedriften, jf. Statens vegvesen, Vegdirektoratet (2003).

forskjeller mellom bedriftsøkonomiske optimale verdier og samfunnsøkonomiske optimale verdier på disse målene. Hvis vi antar at fergeselskapene er opptatt av profitt mens VD er opptatt av å maksimere samfunnsøkonomisk overskudd under gitte budsjettstrammer, bør en med andre ord fokusere på servicemål som er viktige for de reisende og hvor det samtidig kan være avvik mellom VDs ønsker og fergeselskapenes ønsker. De ulike servicemålenes betydning for de reisende har vi allerede drøftet. Her vil vi derfor se nærmere på eventuelle forskjeller mellom bedriftsøkonomisk og samfunnsøkonomisk optimalt servicenivå.

Fergeselskapene bestemmer både takster og servicenivå

Hvis fergeselskapene fritt hadde kunnet fastsette både takster og servicenivå ved de ulike sambandene, er det ikke opplagt om det servicenivået selskapene da hadde valgt, ville ha vært høyere eller lavere enn det som er optimalt ut fra en samfunnsøkonomisk vurdering – selv om de ønsker størst mulig bedriftsøkonomisk overskudd. Hvis etterspørselen på de ulike fergesambandene er slik at takstelastisitetene er uavhengige av takstnivåene, men reduseres (øker) når servicenivået øker, vil fergeselskapene tilby for lavt (høyt) servicenivå ut fra en samfunnsøkonomisk vurdering. Dersom servicenivået *ikke* påvirker takstelastisitetene, vil bedriftsøkonomisk optimalt servicenivå og samfunnsøkonomisk optimalt servicenivå være sammenfallende.²⁵

La oss som et eksempel fokusere på servicemålet frekvens: Når frekvensen på et fergesamband øker, vil som påpekt tidligere, reisetiden reduseres slik at etterspørselkurven etter fergetransport over sambandet får et positivt skift. Det vil øke takstene. Takstene vil øke og tidskostnadene reduseres slik at takstenes andel av generaliserte reisekostnader øker. Da er det rimelig å anta at takstelastisitetene reduseres (øker i tallverdi) slik at fergereisene blir mer prisfølsomme. Ut fra det ovenstående vil da fergeselskapet ønske å tilby for lav frekvens ut fra en samfunnsøkonomisk vurdering. Det samme vil være tilfelle med alle servicemål som reduserer de reisendes tidskostnader (punktlighet, fergens komfort og hastighet) slik at takstene øker og takstelastisiteten reduseres; fergeselskapenes ønsker om verdiene på disse målene vil være for lave sammenlignet med det som er samfunnsøkonomisk riktig.

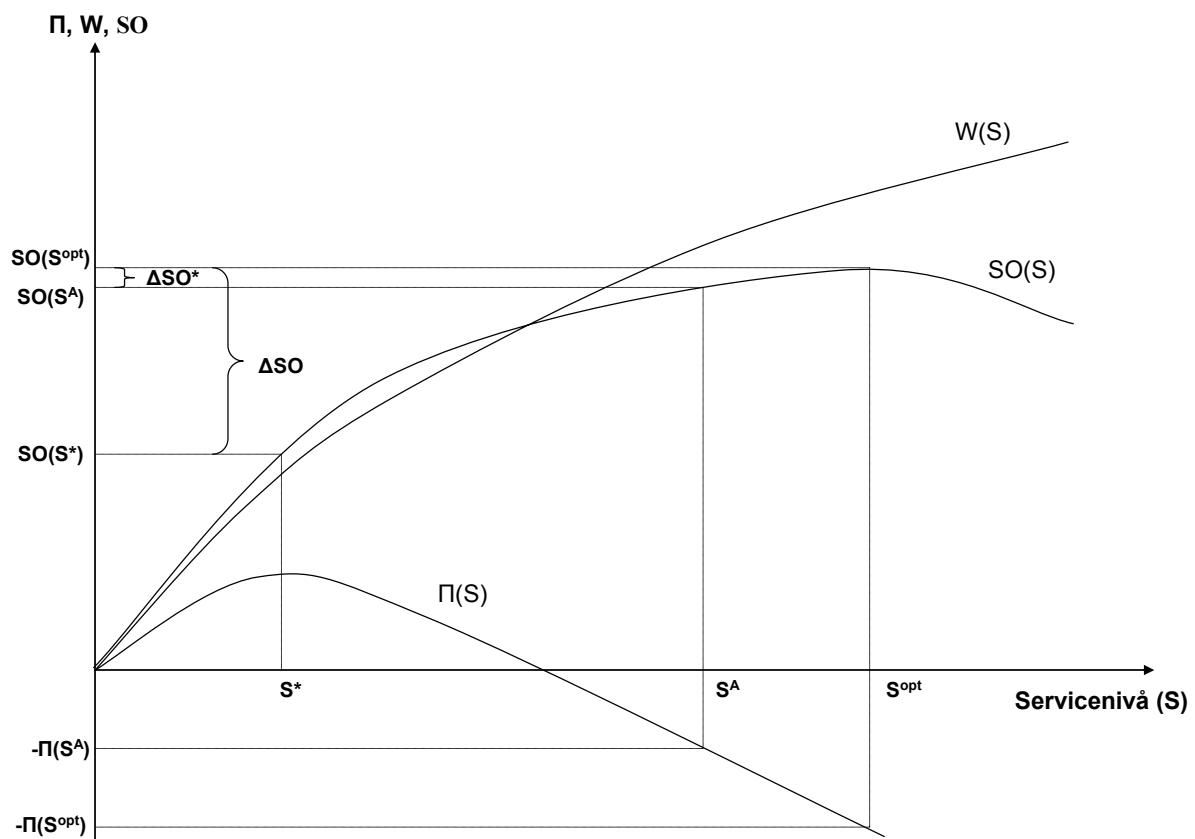
Takstene er bestemt av myndighetene

Hvis vi ser bort fra sambandet Moss – Horten, har imidlertid fergeselskapene ikke muligheter til å påvirke takstene. Da vil - som vi kan utlede av Figur 3.3, selskapene alltid ønske et

²⁵ Dette er nærmere drøftet i Spence (1975). Anta X er etterspørsel etter fergetjenester over et samband, Q er taksten og S er et mål på servicenivået. Når sammenhengen mellom X , Q og S er følgende:

$X = g(S) \cdot Q^{-f(S)}$ hvor $-f(S)$ er takstelastisiteten og hvor $f(S)$, g'_S , $x'_S > 0$. Hvis $f'_S > 0$, $f'_S = 0$ og $f'_S < 0$, vil fergeselskapet henholdsvis tilby for lav, passe og for høy verdi på S .

servicenivå som er lavere enn det som er samfunnsøkonomisk riktig. Anta at sammenhengen mellom fergeselskapets overskudd (π) og servicenivå ved et samband (S) er som vist ved kurven $\pi(S)$ i Figur 3.3 og at S^* er det servicenivået som maksimerer π eller bedriftsøkonomisk overskudd. Videre antas at sammenhengen mellom fergebrukernes velferd W og servicenivået er som vist ved kurve $W(S)$. Kurven $SO(S)$ viser sammenhengen mellom samfunnsøkonomisk overskudd og servicenivå. SO er altså summen av fergeselskapets overskudd (π) og fergebrukernes velferd (W) slik at $SO(S) = \pi(S) + W(S)$. SO har sin maksimumsverdi når $S = S^{opt}$; dvs. når $\partial\pi/\partial S = -\partial W/\partial S$. Dette servicenivået vil – i følge Figur 3.3 gi et bedriftsøkonomisk underskudd og dermed et tilskuddbehov lik $-\pi(S^{opt})$.



Figur 3.3: Bedriftsøkonomiske og samfunnsøkonomiske virkninger av økt service.

Det er lett å se av Figur 3.3 at $S^{opt} > S^*$ som altså betyr at fergeselskapet vil sette et servicenivå som er lavere enn det som er samfunnsøkonomisk optimalt.²⁶ Det samfunnsøkonomiske tapet angitt ved ΔSO i Figur 3.3 ved at fergeselskapet får fastsette kvaliteten slik selskapet selv vil over sambandet, blir differansen mellom $SO(S^{opt})$ og $SO(S^*)$ - altså $\Delta SO =$

²⁶ $SO(S) = \pi(S) + W(S) \Rightarrow SO'_S = \pi'_S + W'_S$. Maksimering av bedriftsøkonomisk overskudd innebærer at $\pi'_S = 0$ mens $W'_S > 0$. Da blir også $SO'_S > 0$ som igjen betyr at SO fremdeles øker med S .

$SO(S^{opt}) - SO(S^*)$. Oppsummert kan vi derfor si at når fergeselskapene ikke kan påvirke takstene, mens de samtidig ønsker størst mulig bedriftsøkonomisk overskudd, vil de ønske et servicenivå på fergetjenestene som er lavere enn det som er samfunnsøkonomisk optimalt. Det fører igjen til et samfunnsøkonomisk tap.

I praksis kan imidlertid skranker på mulig tilskuddbehov til et samband, føre til at myndighetene ønsker et servicenivå som er lavere enn S^{opt} . Anta at akseptabelt tilskuddbehov på sambandet er lavere enn $-\pi(S^{opt})$ og lik $-\pi(S^A)$. Da må servicenivået settes til S^A som altså er lavere enn S^{opt} . Det samfunnsøkonomiske overskuddet blir nå $SO(S^A)$. Dermed blir det samfunnsøkonomiske tapet, ΔSO^* , ved at det bedriftsøkonomiske underskuddet ikke kan være større enn $-\pi(S^A)$ lik $\Delta SO^* = SO(S^{opt}) - SO(S^A)$.

Et interessant og viktig spørsmål er hvordan nivået på de regulerte takstene påvirker differansene mellom:

- Det servicemålet som fergeselskapene ønsker (S^*) og det som er samfunnsøkonomisk riktig (S^{opt}).
- Samfunnsøkonomisk overskudd når servicenivået er samfunnsøkonomisk optimalt ($SO(S^{opt})$) og det samfunnsøkonomiske overskuddet når selskapene fritt får velge servicenivå ($SO(S^*)$); dvs. ΔSO i Figur 3.3.

Hvis disse differansene øker når takstene reduseres, vil det være større sprik mellom det servicenivået som selskapene ønsker og det som er samfunnsøkonomisk riktig. En naturlig følge av dette blir dermed at det blir mer viktig for myndighetene å overvåke selskapenes rutetilbud eller servicenivå jo lavere takstene er. Dette er viktig å ha i mente hvis fergene blir gratis.

Uten at en kjenner de aktuelle funksjonene i Figur 3.3 mer presist, er det imidlertid vanskelig å si noe sikkert om hvordan behovet for kvalitetskontroll av fergetilbudet bør avhenge av nivået på de regulerte fergetakstene. Ettersom beliggenhetene til kurvene i Figur 3.3 også vil variere mellom samband, vil også spriket mellom bedriftsøkonomisk og samfunnsøkonomisk optimalt servicenivå og dermed behovet for kvalitetskontroll av fergetilbudet, variere fra samband til samband.

4. FERGEKAPASITET, FREKVENNS OG ANTALL FERGER

I dette kapitlet vil vi innledningsvis drøfte noe nærmere sammenhengen mellom antall ferger, fergestørrelse og tilbudt kapasitet. Deretter utledes en prinsipiell modell for fastsettelse av optimal frekvens i fergesamband med ulik lengde og forskjellig etterspørsel målt i PBE. Ved et regneeksempel sammenholder vi den estimerte frekvensen med gjeldende driftsstandardmål i fergedriften. Til slutt presenteres en generell modell for beregning av optimal fergekapasitet når servicenivået, målt ved andel gjenstående kjøretøy er gitt. Modellen benyttes til å beregne optimal kapasitet på to fergesamband med utgangspunkt i trafikk tall fra 2005.

4.1 VIRKNINGER AV ØKT FERGEKAPASITET

Økt servicenivå i et fergesamband, operasjonalisert gjennom en reduksjon i andel gjenstående kjøretøy (Y), kan oppnås på ulike måter. De to viktigste er:²⁷

- Det kan settes inn *flere* ferger i sambandet.
- Det kan settes inn *større* ferge(r) i sambandet.

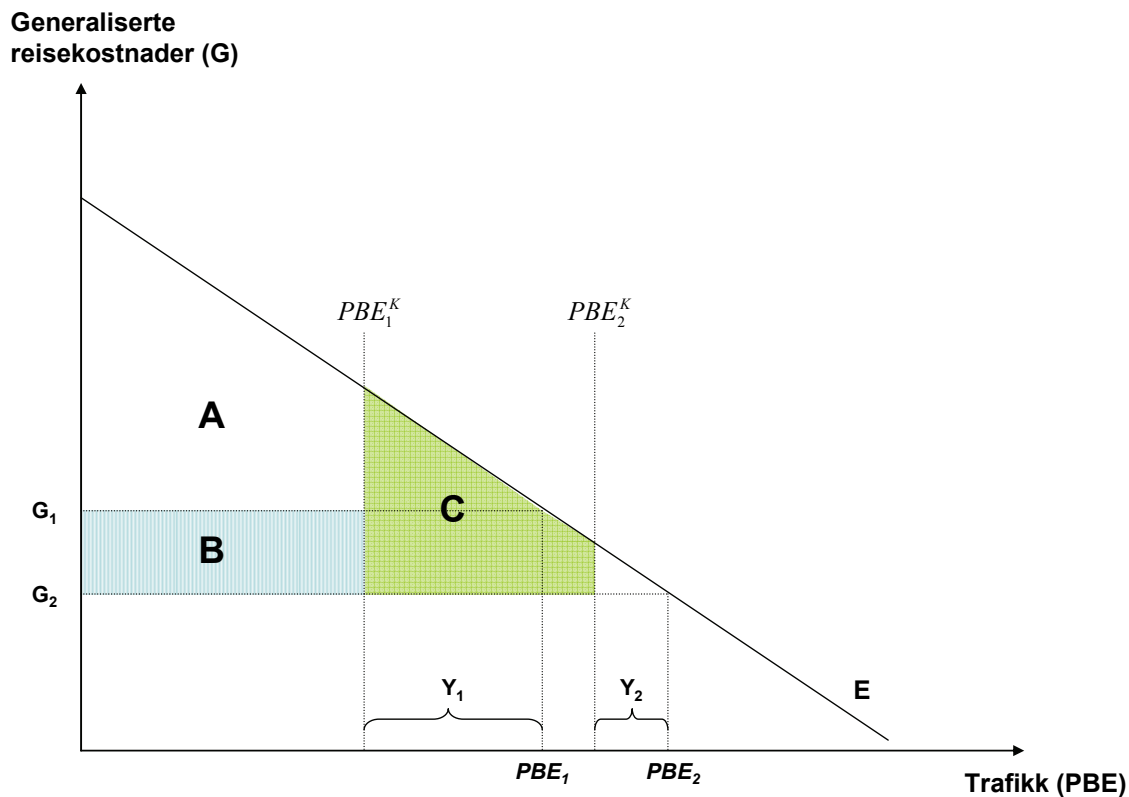
I tillegg vil økt frekvens bidra til å redusere Y på samband der det er ”slakk” i rutetabellen. Med ”slakk” mener vi at fergene ikke går kontinuerlig i de periodene når etterspørselen er større enn kapasiteten. Når det gjelder fergens hastighet, vil økt hastighet kunne bidra til å redusere Y dersom hastighetsøkningen gjør at fergen kan gjennomføre flere rundturer innenfor åpningstiden. Dette er normalt sett kun aktuelt på fergesamband med lange strekninger, jf. kapittel 2.2.2. Økt åpningstid vil isolert sett kun bidra til å redusere Y på samband der det er svært stor etterspørsel i tidsrommet rundt første og siste avgang.

Selv om åpningstid og fergenes hastighet kan påvirke Y , er det imidlertid naturlig å fokusere på antall ferger og størrelsen på fergene når fergekapasiteten skal økes.

En vanlig brukt måte av SVV for å redusere andel gjenstående kjøretøy i et fergesamband på, er å sette inn en eller flere ekstra ferger i den perioden etterspørselen er størst. Dette er vanlig i en del fergesamband om sommeren. Dersom fergene går kontinuerlig, vil en overgang fra en til to ferger doble frekvensen i sambandet. Dersom den nye fergen er like stor som den eksisterende, vil også antall tilbudte PBE per tidsenhet fordobles.

²⁷ Prisen kunne også ha vært et viktig virkemiddel, dersom det ble åpnet for at fergetakstene kunne variere mellom samband og over døgnet. En høyere takst for å reise på de mest populære avgangene, ville ha vært et mulig virkemiddel for å ”spre” trafikken, spesielt på fergesamband med en priselastisk etterspørsel.

I Figur 4.1 har vi skissert de trafikale virkningene ved at en setter inn større fergekapasitet i et fergesamband med kapasitetsproblemer (gjenstående kjøretøy).



Figur 4.1: Trafikale virkninger av økt fergekapasitet i et samband.

Vi antar at etterspørselen i toppbelastningsperioden kan uttrykkes ved etterspørselskurven E, og at sambandet i denne perioden har en fergekapasitet (målt i tilbudte PBE) på PBE_1^K . Fergebrukernes generaliserte reisekostnader ved den aktuelle tilbudte kapasiteten er G_1 . Dette gir en samlet etterspørsel på PBE_1 . Antall gjenstående kjøretøy (PBE) blir da Y_1 ($PBE_1 - PBE_1^K$). Dersom rederiet øker fergekapasiteten (antall tilbudte PBE) i toppbelastningsperioden til PBE_2^K , vil fergebrukernes generaliserte reisekostnader reduseres fra G_1 til G_2 på grunn av lavere ventetidskostnader. Dette øker da etterspørselen til PBE_2 , men antall gjenstående kjøretøy blir allikevel redusert fra Y_1 til Y_2 .

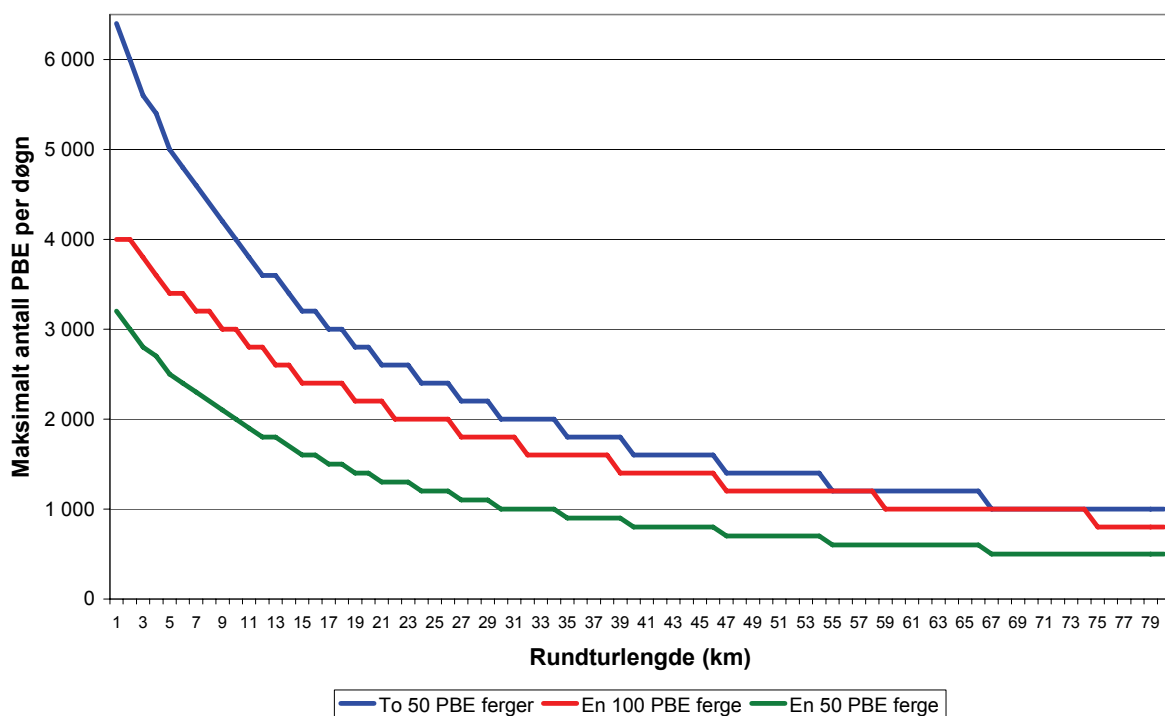
Før kapasitetsøkningen var fordelene for fergebrukerne av fergetilbudet lik arealet A. Etter kapasitetsøkningen er disse fordelene økt til (A+B+C). Fergebrukernes velferd har dermed økt med arealet (B+C). Hvis denne velferdsøkningen er større enn kostnadene ved å øke kapasiteten, er det samfunnsøkonomisk riktig å tilby økt fergekapasitet.

4.1.1 Flere ferger eller større ferger?

La oss se nærmere på problemstillingen knyttet til avveiningen mellom flere ferger eller større ferger som virkemiddel til å redusere andel gjenstående kjøretøy (Y).

Kapasitetsøkningen i Figur 4.1 kan enten skje ved at det settes inn større eller flere ferger. En større ferge vil ikke medføre økt frekvens, men vil øke antall tilbudte PBE. Som vist i kapittel 2.2.2 vil kapasitetsøkningen i åpningstiden ved å sette inn en ekstra ferge eller en større ferge, avhenge av sambandslengden. Videre vil forskjellen i tilbudte PBE ved å sette inn en ny ferge med samme størrelse som den eksisterende, eller erstatte den eksisterende med en som er dobbelt så stor, avta med strekningslengden.

La oss illustrere dette med et eksempel: Anta at en ferge med lastekapasitet på 50 PBE går kontinuerlig innenfor åpningstiden til et samband med 2 anløpssteder. Fergens hastighet er på 20 km/t (11 knop), nødvendig tid til å legge til/fra kai er 4 min og tid for å kjøre ombord/iland en PBE er 15 sekunder. I Figur 4.2 er det, ved å bruke formel (2.3), vist hvordan maksimalt antall tilbudte PBE ved å bruke en 50 PBE ferge, to 50 PBE ferger og en 100 PBE ferge påvirkes av rundturlengden.



Figur 4.2: Virkninger på tilbudte PBE av endret fergestørrelse eller flere ferger.

Som forventet avtar antall tilbudte PBE med strekningslengden siden antall mulige rundturer reduseres med lengden på fergestrekningen. Tilbudte PBE vil også dobles når det settes inn en

ekstra ferge med samme størrelse som den eksisterende. Ved en rundturlengde på 7 km vil eksempelvis en 50 PBE ferge kunne gjennomføre 23 rundturer og således kunne tilby 2 300 PBE pr. døgn og to 50 PBE ferger vil naturlig nok kunne tilby 4 600 PBE. En 100 PBE ferge vil ved samme rundturlengde kun klare å gjennomføre 16 rundturer, og således tilby 3 200 PBE. Figuren illustrerer også på en god måte at økt fergestørrelse er et godt tiltak for å øke tilbudte PBE på lange samband mens antall ferger er viktigere på korte samband.

Virkningene for brukerne av et bestemt fergesamband ved at det settes inn en større ferge eller flere ferger kan, som tidligere vist, illustreres som i Figur 4.1. Gitt at fergene går kontinuerlig er det, som diskutert i kapittel 2.2.2 og 2.4.2, rimelig å anta at reduksjonen i generaliserte reisekostnader (G_1-G_2), er betydelig større når det settes inn en ekstra ferge enn når det settes inn en større ferge, både fordi så vel kapasiteten som frekvensen øker mer ved å sette inn en ekstra ferge. På lange fergestrekninger, som kanskje krysser åpne havstrekninger, kan imidlertid en større ferge være å foretrekke fordi en bruker lengre tid om bord på fergen. Større ferger kan som regel tilby bedre komfort og service enn mindre ferger, noe som gjør at fergebrukernes tidskostnader pr. tidsenhet er lavere når større ferger benyttes. Dessuten kan innsetting av en større ferge føre til bedre regularitet – særlig over værharde strekninger.

Ved beregningen av kostnadene ved økt fergekapasitet i et samband, må det tas hensyn til hvordan den økte fergekapasiteten er framskaffet. Fergeflåten i Norge har historisk vært å betrakte som et "system", ved at VD har kunnet omrokere ferger mellom ulike samband for å skaffe nok kapasitet i typiske turistsamband med mye trafikk om sommeren. Derfor kan en ikke se isolert på nytte og kostnader i et enkelt samband, men også trekke inn i analysen virkningen for andre fergesamband. Dersom fergen i eksemplet ble skaffet til veie fra et annet fergesamband, må således de kostnadmessige og velferdsmessige virkningene for dette sambandet tas med i regnestykket når den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av fergerokeringen skal anslås. Totalkostnadene i et slikt tilfelle vil være tilnærmet null, da økte kostnader i det sambandet som tilføres en stor ferge, vil motsvares av lavere kostnader i det sambandet som mottar den mindre fergen. I en slik situasjon vil den samfunnsøkonomisk riktige plasseringen av fergene være i de sambandene der de gir samlet størst brukernytte.

I og med at stadig flere fergesamband anbudsutsettes, får VD mindre muligheter til å rokere ferger mellom samband. I anbudskontraktene defineres det minimumskrav til tilbudt kapasitet (fergestørrelse og frekvens). Eventuelle endringer i kontraktsperioden må da fremforhandles mellom SVV og det aktuelle rederi. I et anbudsregime vil en derfor kunne betrakte optimal kapasitet i et fergesamband mer isolert. For å sikre en god utnyttelse av fergeflåten, vil det ved anbudsutlysninger ofte være fornuftig å sette sammen pakker av samband som ligger geografisk nært hverandre der det stilles krav til servicenivå (målt ved andel kjøretøy som skal komme med ønsket avgang (100-Y)) på det enkelte samband. Så blir det opp til

fergerederiet og disponere fergene mellom sambandene på en slik måte at det servicekravet VD stiller oppfylles. I følge VD er det i dag kun unntaksvis at enkeltsamband lyses ut på anbud.

4.2 SAMMENHENG MELLOM OPTIMAL FREKVENNS, TRAFIKKMENGDE, TIDSKOSTNADER OG FERGEKOSTNADER

I dette avsnittet vil vi drøfte hvordan optimal samfunnsøkonomisk frekvens i et fergesamband avhenger av trafikkmengden, fergebrukernes tidskostnader og fergekostnadene. Som en forenkling antas det at fergekapasiteten er så stor at alle som ønsker å reise med en gitt avgang kommer med fergen; dvs. vi ser bort fra velferdstapet ved gjenstående kjøretøy.

4.2.1 Generell modell

I kapittel 2.4.2 konkluderte vi med at hvor ofte fergene går, eller frekvensen ved et samband, er et meget viktig mål på fergetilbudet ved sambandet. Det skyldes, som vi fremhevet, at frekvens påvirker så vel de reisendes skjulte ventetid som deres ventetid på fergekaiene. Å øke frekvensen koster. Ut fra en samfunnsøkonomisk vurdering, må en derfor, som påpekt i kapittel 3, avveie fordelene for brukerne av økt frekvens opp mot økte fergekostnader.

Her skal vi spesielt drøfte hvordan samfunnsøkonomisk optimal frekvens bør avhenge av trafikkmengde, ulike former for tidskostnader for de reisende samt kostnadene for ferge-rederiet ved å gjennomføre en ekstra rundtur. Etter vår vurdering vil dette være viktige prinsipper å ha i mente når en skal drøfte driftsstandardmålene for samband med ulikt trafikk-grunnlag og lengde. Derfor vil vi se resultatene i lys av de driftsstandardmålene om frekvens som er oppgitt i Tabell 1.1.

La oss anta at trafikkmengden over et samband per time i åpningstiden ($\dot{A}T$) er PBE og at denne trafikkmengden er uavhengig av frekvensen. Total trafikkmengde over sambandet i åpningstiden blir dermed ($PBE \cdot \dot{A}T$). En annen forutsetning som gjøres her er at uansett frekvens blir etterspørselen dekket, dvs. at det er ingen gjenstående biler. I mange samband med lav trafikk og forholdsvis store ferger vil det være en rimelig forutsetning. Videre antas at tidskostnadene per time for hver PBE er k_s for skjult ventetid og k_v for ventetid på fergeleiene ($k_v > k_s$). Hvis M er frekvensen i åpningstiden blir dermed de reisendes skjulte ventetidskostnader; TK_s , i åpningstiden lik:

$$(4.1) \quad TK_s = \frac{\dot{A}T \cdot k_s}{2M} \cdot \dot{A}T \cdot PBE$$

hvor altså brøken i (4.1) angir gjennomsnittlige skjulte ventetidskostnader per PBE.

Som påpekt i kapittel 2.4.3 vil økt frekvens redusere de fergereisendes ventetid på fergekaiene – også når frekvensen er lavere enn 4 – 5 avganger per time. La oss anta at sammenhengen mellom de fergereisendes ventetidskostnader på fergekaia, TK_v , og frekvens i åpningstiden (M) er følgende:

$$(4.2) \quad TK_v = \left(a + b \frac{\hat{A}T}{2M}\right) \cdot k_v \cdot \hat{A}T \cdot PBE \quad \text{hvor } a, b > 0 \text{ og } \hat{A}T/M > 0,25 \text{ (15 min)}$$

Uttrykket i parentesen i (4.2) viser sammenhengen mellom gjennomsnittlig ventetid per PBE på fergekaiene og frekvens. Hvis de fergereisende har kommet tilfeldig til fergekaia ville $a = 0$ og $b = 1$. Dette vil normalt bare gjelde hvis en har en frekvens ved sambandet på over 4 avganger hver time. Det er ikke vanlig ved norske fergesamband. Derfor er det rimelig å anta at $a > 0$ og $0 < b < 1$. At $b < 1$ kan en tolke slik at en endring i M har mindre virkning på ventetida ved fergekaia når de reisende ikke kommer tilfeldig på fergekaia enn når de kommer tilfeldig.²⁸ Jo lavere verdi på b , desto mindre påvirkes ventetiden på fergekaia av frekvensen.

La oss videre anta at fergekostnadene ved at fergen gjør en ekstra rundtur ved et samband er C , slik at kostnadene ved M rundturer blir lik $(C^* + C \cdot M)$ hvor C^* er fergekostnader knyttet til sambandet som er uavhengig av antall rundturer som gjøres. Verdien på C vil avhenge av fergetype og sambandslengde; jo større ferge og desto lengre samband, jo høyere verdi på C mens verdien på C^* øker med fergestørrelse og antall ferger tilknyttet et samband. Dette blir nærmere kommentert nedenfor.

Ut fra en samfunnsøkonomisk vurdering blir optimal frekvens (M^{opt}) lik den frekvensen som minimaliserer summen av passasjerenes tidskostnader og fergekostnader - eller de samfunnsøkonomiske kostnadene (SK); dvs.:

²⁸ Av (4.2) følger at: $\frac{dTK_v}{dM} = -\frac{b \cdot k_v \cdot (\hat{A}T)^2 \cdot PBE}{2M^2}$. Når $0 < b < 1$ og reduseres, vil tallverdien av $\frac{dTK_v}{dM}$

reduseres slik at frekvensen får mindre å si for ventetiden på fergekaia. Dermed får M mindre virkning på TK_v .

Hvis eksempelvis $\hat{A}T = 18$, $M = 6$ og $b = 0,2$, vil ventetiden på fergekaia $\left(a + b \cdot \frac{\hat{A}T}{2M}\right)$ reduseres med 3 min

når M øker fra 6 til 7. Hvis (4.2) gjelder for alle $M \leq M^*$, vil minimum ventetid på fergekaia bli: $\left(a + b \cdot \frac{\hat{A}T}{2M^*}\right)$.

$$(4.3) \quad \begin{aligned} \text{MIN}_M SK &= \frac{\dot{A}T \cdot k_s}{2M} \cdot \dot{A}T \cdot PBE + (a + b \frac{\dot{A}T}{2M}) \cdot k_v \cdot \dot{A}T \cdot PBE + C^* + C \cdot M \Rightarrow \\ \text{MIN}_M SK &= \dot{A}T \cdot PBE \left[\frac{\dot{A}T \cdot k_s}{2M} + (a + b \frac{\dot{A}T}{2M}) k_v \right] + C^* + C \cdot M \end{aligned}$$

Ut fra førsteordensbetingelsene følger at SK har sin minimumsverdi når:

$$(4.4) \quad M = M^{opt} = \dot{A}T \cdot \sqrt{\frac{PBE \cdot (k_s + bk_v)}{2C}} = \dot{A}T \cdot PBE^{0,5} \cdot (k_s + bk_v)^{0,5} \cdot (2C)^{-0,5}$$

Det betyr igjen at optimalt antall avganger per time, $M/\dot{A}T$, blir:

$$(4.5) \quad \bar{M} = \frac{M^{opt}}{\dot{A}T} = \sqrt{\frac{PBE \cdot (k_s + bk_v)}{2C}} = PBE^{0,5} \cdot (k_s + bk_v)^{0,5} \cdot (2C)^{-0,5}$$

Av (4.5) ser en at det er konkave stigende sammenhenger mellom optimalt antall avganger på den ene siden og trafikkmengde (PBE), skjulte ventetidskostnader per time (k_s) og ventetidskostnader per time (k_v) på den andre siden. Det betyr igjen at jo høyere trafikk og tidskostnader i utgangpunktet, dess mindre bør en økning i dem øke M^{opt} og \bar{M} . Videre ser vi at det er en konveks fallende sammenheng mellom frekvens og kostnadene ved å gjøre en ekstra rundtur. Det tilsier at en økning i C bør få mindre betydning på antall rundturer jo høyere disse kostnadene er i utgangpunktet. For å få en ytterlige mer konkret tolkning av (4.4) og (4.5) kan en beregne følgende elastisiteter:

$$(4.6) \quad EL_{PBE} M^{opt} = EL_{PBE} \bar{M} = 0,5, \quad EL_{(k_s + bk_v)} M^{opt} = EL_{(k_s + bk_v)} \bar{M} = 0,5, \quad EL_C M^{opt} = EL_C \bar{M} = -0,5$$

Formel (4.6) kan tolkes på følgende måte:

- Når trafikken (PBE) øker med X % bør frekvensen øke med 0,5X %.
- Når begge typer tidskostnader (k_v og k_s) øker med X %, bør frekvensen øke med 0,5X %.
- Når kostnadene øker med X %, bør frekvensen reduseres med 0,5X %.

Ut fra tilgjengelige data fra 2003 og 2004, kan sammenhengen mellom en rundturs kostnader; C og rundturens lengde, L (oppjustert til 2005 kr) skrives som:

$$(4.7) C = 1\,500 + 225L$$

I (4.7) kan altså 1 500 tolkes som avstandsuavhengige rundturkostnader mens 225 er ekstra-kostnadene ved at rundturens lengde øker med 1 km. Siden det er en del avstandsuavhengige rundturkostnader, vil altså en gitt prosentvis økning i turlengden, føre til en mindre prosentvis økning i rundturkostnadene²⁹. En økning i rundturlengden fra eksempelvis 10 km til 20 km (100 %) vil øke turkostnadene fra 3 750 kr til 6 000 kr altså med bare 60 %. Videre følger ut fra Jørgensen og Sæterdal (1984) at en økning i fergestørrelsen på 10 % vil øke kostnadene ved å seile en km ekstra (C) med ca 2 %. Disse opplysningene i kombinasjon med (4.4) eller (4.5) ovenfor fører til:

- En X % økning i rundturens lengde bør føre til mindre enn 0,5·X % reduksjon i antall rundturer eller frekvensen. Under ellers like forhold, bør altså frekvensen være mer enn halvparten så høy i samband som er dobbelt så lange som andre samband. Når rundturens lengde eksempelvis øker fra 10 km til 20 km (100 %), vil rundturens kostnader i følge (4.7) øke fra 3 750 kr til 6 000 kr (60 %) og frekvensen bør reduseres med ca. 30 % (100 % · 0,5 · 0,6). Det betyr altså at i samband hvor rundturene er omkring 20 km, bør, under ellers like forhold, ha ca. 30 % lavere frekvens enn i samband hvor rundturene er omkring 10 km.
- En økning i fergestørrelsen med X % bør føre til ca. 0,1·X % (X·0,5·0,2) reduksjon i antall rundturer eller frekvensen. Under ellers like forhold bør altså en fordobling av fergestørrelsen ved et samband føre til langt mindre enn en halvering av frekvensen. Hvis fergestørrelsen ved et samband øker med eksempelvis 20 % bør frekvensen reduseres med ca 2 % (20 % · 0,5 · 0,2).

4.2.2 Modellresultatene sett i lys av driftsstandardmålene

La oss først se litt på frekvensmålene i Tabell 1.1 i lys av resultatene elastisitetsverdiene i (4.6). Av Tabell 1.1 kan vi grovt konkludere med at disse frekvensmålene viser at når trafikken per døgn øker fra ca. 1 000 PBE til ca. 1 500 PBE (med 50 %) bør frekvensen øke

²⁹ Av (4.7) følger at: $EL_L C = \frac{225L}{1500 + 225L}$ hvor $EL_L C$ er elastisiteten av turkostnadene med hensyn på

turlengden. Når $L > 0$, vil $EL_L C < 1$. Når L er 10 km, 20 km og 30 km, blir $EL_L C$ lik henholdsvis 0,6, 0,75 og 0,82.

fra ca. 25 turer til ca 32 turer – altså en økning på 28 %. I følge verdien på $EL_{PBE}M^* = 0,5$ burde frekvensen ha økt med 25 % ($50 \% \times 0,5$); dvs. litt mindre enn servicemålene på frekvens i Tabell 1.1. Det indikerer altså at trafikken påvirker frekvensen i Tabell 1.1 noenlunde i tråd med modellresultatene i relativ forstand.

I Tabell 4.1 har vi anskueliggjort ved regneeksempler hvordan optimal frekvens i åpningstiden ved et samband, påvirkes av trafikkmengde (PBE), rundturens lengde og fergekostnader (C) for gitte verdier på åpningstiden, tidskostnader og øvrige parametere.

Tabell 4.1: Optimal frekvens for ulike verdier på trafikkmengde og fergekostnader når åpningstiden er 18 timer, tidskostnadene per time for skjult ventetid er 20 kr, for ventetid på fergekaiene lik 60 kr og parameter $b = 0,2$.

ÅDT (PBE)	Rundturens lengde (L)					
	10 km ($C^* = 3\,750$ kr) ^a		20 km ($C^* = 6\,000$ kr) ^a		40 km ($C^* = 10\,500$ kr) ^a	
	Optimal frekvens (M^{opt})	Optimalt antall avganger per time (\bar{M})	Optimal frekvens (M^{opt})	Optimalt antall avganger per time (\bar{M})	Optimal frekvens (M^{opt})	Optimalt antall avganger per time (\bar{M})
500	26	1,5	21	1,2	16	0,9
1 000	37	2,1	29	1,6	22	1,2
2 000	53	2,9	42	2,3	31	1,7

^a Beregnet ut fra formel (4.7).

Tallene i Tabell 4.1 bekrefter tidligere modelldrøftninger av hvordan frekvensen påvirkes av trafikken og kostnadene ved å seile en ekstra tur. I Tabell 4.2 har vi sammenholdt resultatene fra av modellberegningene av optimal frekvens presentert i Tabell 4.1 med anbefalt frekvens i gjeldende fergedriftsstandard, jf. Tabell 1.1.³⁰

Som det vil fremgå av Tabell 4.2 er beregnet optimal frekvens for samband med en rundturlengde på 10 km og en ÅDT på 1 000 PBE 24 % høyere enn dagens anbefalte frekvens. For dobbelt så lange samband er beregnet optimal frekvens 2 % lavere enn frekvensen i fergedriftsstandard. For samband med rundturlengder på 20 km eller kortere ligger beregnet optimal frekvens opp til 100 % over frekvensen i fergedriftsstandard for stamvegsambandene, og opp til 77 % over gjeldende frekvens på de korteste sambandene utenom stamvegene.

³⁰ Ved beregningen av optimal frekvens er åpningstiden i gjeldende driftsstandard, jf. Tabell 1.1 benyttet.

Tabell 4.2: Avvik mellom beregnet optimal frekvens og gjeldende frekvens i henhold til fergedriftsstandarden presentert i Tabell 1.1. Prosent.

Rundturlengde	Stamveg		Øvrige riksveger		
	2 000 PBE	1 000 PBE	2 000 PBE	1 000 PBE	500 PBE
10 km	100 %	24 %	77 %	32 %	46 %
20 km	58 %	-2 %	40 %	5 %	15 %
40 km	20 %	-26 %	3 %	-21 %	-13 %

* Ved beregningen av optimal frekvens er åpningstiden i gjeldende driftsstandard, jf. Tabell 1.1 benyttet.

Ut fra dette regneeksemplet gir altså dagens retningslinjer stort sett for lav frekvens i korte samband og for høy frekvens i lange samband ut fra en samfunnsøkonomisk vurdering. Denne konklusjonen styrkes ytterligere av at optimal frekvens nok er noe undervurdert i vår modell ettersom vi ikke tar hensyn til fordelene av nyskapt trafikk på grunn av økt frekvens, og at økt frekvens kan redusere andel gjenstående kjøretøy.

Det må også presiseres at tallene i Tabell 4.1 og Tabell 4.2 påvirkes av verdien på parameteren b – og den har vi skjønsmessig satt til 0,2. Hvis den er høyere (lavere) vil beregnet optimal frekvens være for lav (høy). De *relative* forskjellene er imidlertid uavhengig av antatt verdi på b .

Når en kjenner rundturens lengde (L) ved et samband samt de fergetypene som det er aktuelt å benytte der, kan en i prinsippet ut fra formel (4.3) beregne den beste samfunnsøkonomiske utnyttelsen av fergemateriellet. La oss se på et tilfelle der valget står mellom å benytte en stor ferge eller to små ferger i et fergesamband. Det er rimelig å anta at de rundturavhengige kostnadene (C^*) ved et samband er større når det brukes to små ferger enn når en benytter en stor ferge. Ekstrakostnadene ved en ny rundtur (C) blir større ved en stor ferge enn når to små ferger benyttes i sambandet. Når en kjenner C^* og C , ved å benytte en eller to ferger i et samband, kan en dermed ut fra formel (4.3) si noe om hva som er samfunnsøkonomisk mest fornuftig.

Innenfor rammene av dette arbeidet har vi imidlertid ikke muligheter til å benytte formel (4.3) til å beregne optimal frekvens eller optimal fergestørrelse på ulike samband. Det er imidlertid fullt mulig å gjennomføre slike beregninger når en kjenner kostnadsstrukturen til ulike ferger samt har gode data om etterspørselen. Modellen for optimal frekvens kan også utvides slik at en tar hensyn til fordelene av så vel nygenerert trafikk som lavere andel gjenstående kjøretøy pga. økt frekvens. Dette bør være en naturlig oppfølging av dette arbeidet.

4.2.3 Spesielt om høytrafikkerte fergesamband

Ved samme andel gjenstående kjøretøy (eller PBE), vil antall gjenstående kjøretøy (eller PBE) være større i høytrafikkerte enn i lavtrafikkerte samband. Dermed vil, under ellers like forhold, ulempene for fergebrukerne (målt ved totale ventetidskostnader, $TK_S + TK_V$) være størst i samband med mye trafikk. Fergekostnadene øker også med antall fraktede PBE. Det kan derfor være nyttig å utvikle modellapparatet spesielt på problemstillinger knyttet til optimal frekvens i fergesamband med spesielt mye trafikk. Etter ønske fra oppdragsgiver ”defineres” høytrafikkerte fergesamband som samband med en ÅDT på mer enn 750 PBE.

I følge fergestatistikk for 2005 (Statens vegvesen, håndbok 157) var det 27 fergesamband som i 2005 hadde en ÅDT på mer enn 750 PBE. Disse sambandene utgjør 20 % av antall fergesamband i Norge, men står for hele 69 % av trafikken målt i PBE. Sentrale data for disse sambandene er gitt i Tabell 4.3.

Av Tabell 4.3 ser vi at de aktuelle fergesambandene har strekningslengder fra 2 km (Lota-Anda) til 24 km (Halhjem-Sandvikvåg). Høyest ÅDT har Moss-Horten med 7 147 PBE mens Hanasand-Jelsa med sine 756 PBE har minst trafikk av de ”store” sambandene. Det er også en ganske sterk sammenheng mellom ÅDT målt i antall fraktede PBE og antall fraktede passasjerer. Unntakene er spesielt sambandene Stavanger-Tau, Bruravik-Brimnes og Bremsnes-Kristiansund som har spesielt mange passasjerer per PBE. Vi ser også at både antall og andel gjenstående kjøretøy varierer betydelig mellom sambandene. Her er sammenhengen med ÅDT liten. Antall ferger som trafikkerer sambandene varierer fra 1 til 4, ofte slik at de lengste sambandene har flest ferger. Den minste fergen har en kjøretøykapasitet på 22 PBE (Sambandet Eiksund-Rjåneset) mens vi finner den største fergen på 155 PBE på sambandet Flakk-Rørvik.

Innenfor rammene til dette arbeidet har vi ikke anledning til å empirisk beregne avvik mellom nåværende frekvens i de mest trafikksterke sambandene og samfunnsøkonomisk optimal frekvens ut fra vår modell. Ved en videreføring av arbeidet vil det være naturlig å gå videre med denne type analyser, da de kan gi viktige signaler til VD om dagens ruteopplegg er riktig i forhold til det som kan betraktes som samfunnsøkonomisk optimalt. Videre kunne en ha drøftet nærmere om antall og andel gjenstående kjøretøy ved de ulike sambandene er ”rimelig” sett i forhold til frekvensen.

Tabell 4.3: Sentrale data for 24 fergesamband i Norge med ÅDT på mer enn 750 PBE i 2005.

Samband	Lengde (km)	ÅDT		Gjenstående kjøretøy		Antall ferger ^a	Fergestørrelse ^a
		PBE	Passasjer	Antall	Andel		
Moss – Horten	10,50	7 137	3 423	105 361	8,4 %	^c	^c
Mortavika – Arsvågen	8,00	4 181	2 861	94 817	11,1 %	3	115 / 108 / 106
Halhjem – Sandvikvåg	24,10	3 146	2 405	18 810	3,0 %	4	107 / 106 / 105 / 90
Molde – Vestnes	11,40	2 956	1 836	11 968	2,0 %	2	124 / 87
Ørneset – Magerholm	3,60	2 829	1 721	15 839	2,3 %	2	79 / 87
Flakk – Rørvik	7,20	2 485	1 803	50 543	7,2 %	2	155 ^d / 140 ^d
Hareid – Sulesund	7,80	2 428	1 352	^c	^c	2	120 ^d / 120 ^d
Festøy – Solevågen	^b	2 397	1 305	3 000	0,6 %	2	67 / 52
Manheller – Fodnes	2,80	2 376	1 703	8 334	1,7 %	2	81 / 77
Lavik – Oppedal	5,10	2 071	1 426	9 178	2,2 %	2	112 / 78
Lota – Anda	2,10	1 722	1 008	1 818	0,5 %	1	72
Lauvvik – Oanes	2,90	1 651	1 261	10 752	2,1 %	1	76
Sølsnes – Åfarnes	3,10	1 646	994	2 255	0,7 %	1	87
Stavanger – Tau	14,60	1 637	2 232	10 721	2,6 %	3	114 / 64 / 47
Bruravik – Brimnes	2,40	1 547	1 472	8 046	2,2 %	1 (2)	94 / (112)
Aukra – Hollingsholm	3,00	1 314	809	767	0,2 %	1	80
Hatvik – Venjanes	3,20	1 302	991	479	0,1 %	1	76
Volda – Folkestad	3,10	1 268	848	234	0,1 %	^c	^c
Kinsarvik – Kvanndal	^b	1 134	901	7 870	3,3 %	2	86 / 35
Hella – Dragsvik	^b	1 115	831	1 911	0,7 %	2	83 / 46
Halsa – Kanestraum	5,50	1 113	762	11 245	4,3 %	2	36 / 55
Krokeide – Austevollsh.	^b	930	732	2 117	0,8 %	2	51 / 86
Eiksund – Rjåneset	3,40	927	568	5 289	2,0 %	2	36 / 22
Bremsnes – Kristiansund	4,60	876	1 062	3 060	1,2 %	1 (2)	64 / (29)
Ranavik – Sunde	^b	802	525	111	0,1 %	2	77 / 64
Melbu – Fiskebøl	9,20	786	758	6 261	3,2 %	1 (2)	104 ^d / (35 ^d)
Hanasand – Jelsa	^b	756	508	212	0,1 %	^c	^c

^a Tall i parentes angir ekstra kapasitet på sommeren.

^b Sambandet består av flere strekninger med ulik lengde.

^c Verdi mangler i statistikk.

^d Ikke oppdaterte verdier for PBE størrelse.

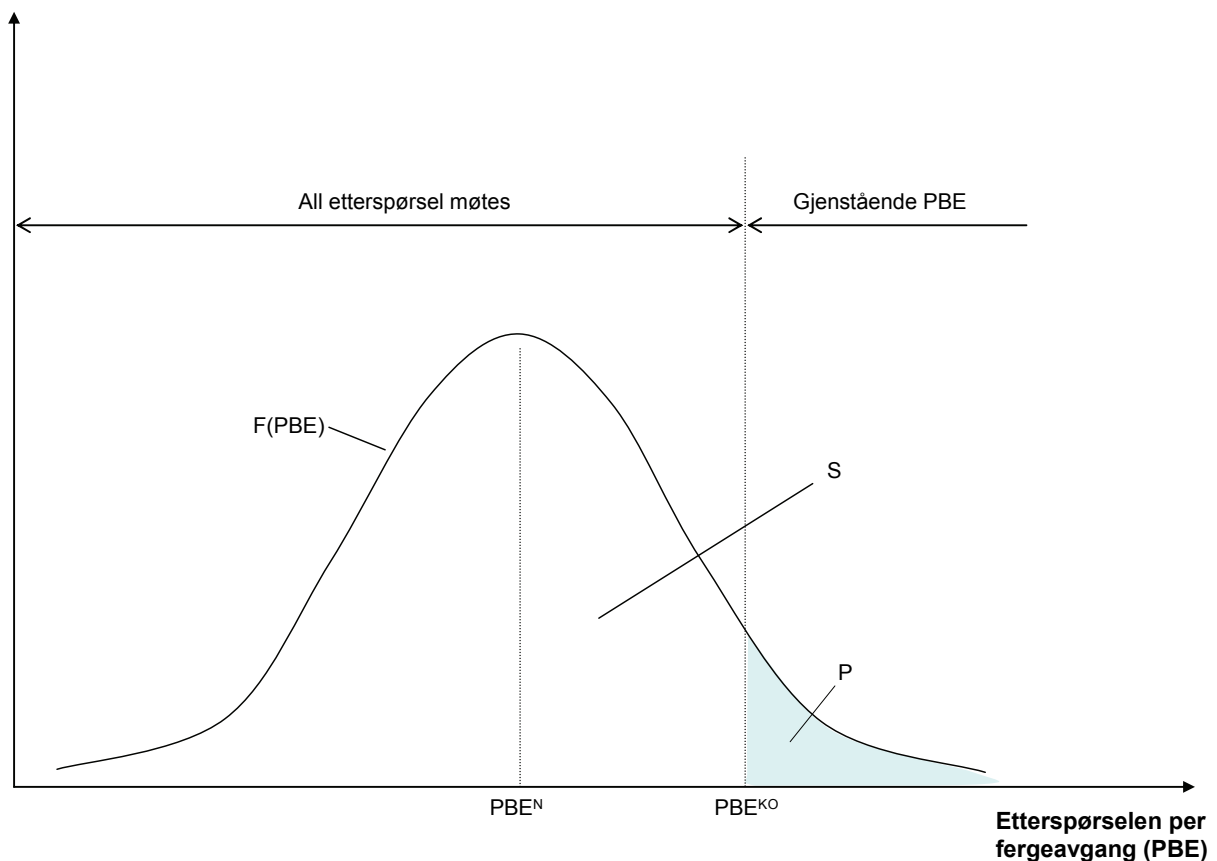
4.3 OPTIMAL FERGEKAPASITET VED GITT FREKVENNS OG ANDEL GJENSTÅENDE KJØRETØY

Ved gitt frekvens vil størrelsen på fergene være avgjørende for tilbudt kapasitet og dermed for servicenivået i fergesambandet målt ved andel gjenstående kjøretøy av totalt antall fraktede kjøretøy. Vi vil derfor se nærmere på en generell modell som kan benyttes til å bestemme fergestørrelsen når frekvensen og servicenivået, målt ved andel gjenstående kjøretøy (Y), er bestemt på forhånd.

4.3.1 Generell modell

Etterspørselen etter fergereiser er i og for seg ikke spesielt forskjellig fra etterspørselen etter andre varer, for eksempel fra en grossist. Grossistens ulike varetyper er analog til sambands-type. Den ”ekstra” kapasiteten (målt i antall PBE) fergene på en gitt sambandstype bør ha for å takle variasjoner i gjennomsnittlig etterspørsel etter fergereiser, vil være analog til det sikkerhetslageret for ulike varetyper grossistens ønsker å etablere for å redusere sannsynligheten for å ikke være leveringsdyktig. Når servicenivået på et fergesamband (målt i antall gjenstående kjøretøy) er fastlagt, vil en kunne benytte servicemodeller fra tradisjonell lagerstyring til å beregne en fergestørrelse som ved gitt frekvens gir det på forhånd fastsatte servicenivå, se for eksempel Waters (2003).

Fastsettelse av optimal fergekapasitet fra et anløpssted (PBE^K) ved et fastsatt servicenivå (S), er anskueliggjort i Figur 4.3.



Figur 4.3: Fastsettelse av optimal fergestørrelse ved normalfordelt etterspørsel.

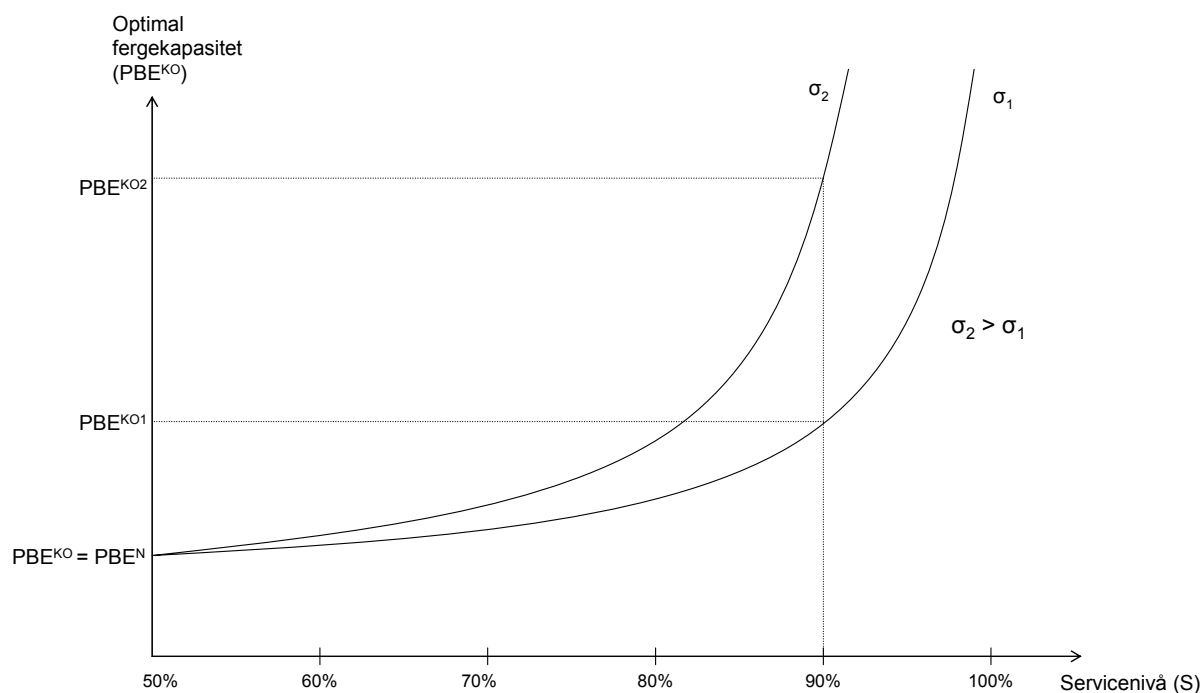
I figuren er fordelingen av etterspurte PBE per avgang, $F(PBE)$, antatt å være normalfordelt med forventet (gjennomsnittlig) verdi lik PBE^N . Dersom VD for eksempel bestemmer at 97 % av kjøretøyene skal få være med planlagt avgang, blir $S = 0,97$, noe som indikerer at

sannsynligheten for ikke å komme med ønsket avgang er lik $(1-S) = 0,03 = P$ eller 3 %.³¹ Det er det skraverte arealet p i Figur 4.3. Det kan lett vises at sammenhengen mellom optimal fergekapasitet, PBE^{KO} og servicenivået kan skrives som:

$$(4.8) \quad PBE^{KO} = PBE^N + Z(S) \cdot \sigma$$

der σ er standardavviket til etterspørselen (målt i PBE) per avgang og $Z(S)$ er S-fraktilen i den normaliserte normalfordelingen.³²

Ut fra normalfordelingstabeller følger at sammenhengen mellom PBE^{KO} og S vil være konvekst stigende; dvs. at jo høyere servicenivået er i utgangspunktet, desto mer må fergekapasiteten øke for å oppnå en ytterligere prosenthet økning i servicenivået. Dette er illustrert i Figur 4.4.



Figur 4.4: Sammenheng mellom ønsket servicenivå og optimal fergekapasitet.

Ut fra figuren, og formel (4.8), ser en også et jo større variasjon i etterspørselen (jo større σ), desto mer vil ønsket servicenivå påvirke optimal fergekapasitet. Ved et servicenivå på 90 %,

³¹ Dersom en angir gjennomsnittlig etterspørsel per avgang i PBE, må også gjenstående kjøretøy angis i PBE. Dette gjøres ikke i fergestatistikken. Gjenstående kjøretøy på et gitt samband kan imidlertid lett omregnes til PBE ved å benytte gjennomsnittlig PBE-størrelse per kjøretøy fraktet på sambandet.

³² Et servicenivå på 1 % (1 % gjenstående PBE), gir en $Z(S)$ verdi på 2,33, mens et servicenivå på 3 % tilsvarer en $Z(S)$ verdi på 1,88.

ser vi ut fra figuren at optimal fergestørrelse blir PBE^{K01} når variasjonen i etterspørselen per avgang er σ_1 og PBE^{K02} når variasjonen i etterspørselen per avgang er lik σ_2 og hvor $\sigma_2 > \sigma_1$. Det blir altså mer krevende og kostbart for et fergerederi å opprettholde et gitt servicenivå i et samband desto større variasjonene i etterspørselen er. Disse variasjonene har hvert fergeselskap liten mulighet til å påvirke.

Hvordan en ut fra formel (4.8) kan finne optimal fergekapasitet fra et anløpssted kan illustreres ved følgende eksempel: Anta at det fra et anløpssted i gjennomsnitt fraktes 30 PBE per avgang. Dersom standardavviket til antall fraktede PBE per avgang er 10, innebærer dette at ferga må ha en kapasitet på minimum 49 PBE ($30 + 1,88 \cdot 10$) dersom servicekravet er 97 %. Økes servicekravet til 99 %, må fergens kapasitet være minimum 53 PBE. Hvordan optimal fergekapasitet varierer med servicenivå og standardavviket til etterspørselen per avgang er anskueliggjort i Tabell 4.4.

Tabell 4.4: Optimal fergekapasitet (PBE^{K0}) ved ulikt servicenivå (målt ved andel kjøretøy som kommer med ønsket avgang) og standardavviket til etterspørselen per avgang (σ). Gjennomsnittlig etterspørsel per avgang (PBE^N) er satt til 100 PBE.

Servicenivå (S)	Standardavvik (σ)		
	20	30	60
80 %	117	125	150
85 %	121	131	162
90 %	126	138	177
95 %	133	149	198
98 %	141	162	223
99 %	147	170	240

Avhengig av ønsket servicenivå og variasjonene i etterspørselen, ser vi av Tabell 4.4 at optimal fergekapasitet vil være fra 17 % til 240 % over gjennomsnittlig etterspørsel. Ved et ønsket servicenivå på 98 %, og et standardavvik i etterspørselen på 20, må for eksempel fergekapasiteten være 41% høyere enn det etterspørselen vanligvis er. Øker standardavviket til 30, må fergekapasiteten være 62 % høyere enn "normaletterspørselen". Det betyr igjen at henholdsvis 71 % og 62 % av fergekapasiteten (U_1) i gjennomsnitt er utnyttet ved hver avgang.

På fergesamband med flere enn 2 anløpssteder, vil kravet til fergestørrelse for et gitt servicenivå øke, siden anløpsstedene som ligger mellom endepunktene på slike samband, vil ha en

tilgjengelig fergekapasitet på avgangene som er mindre enn fergens PBE-kapasitet. Hvor mye en må øke fergekapasiteten ut over den kapasiteten en får ut fra formel (4.8), avhenger av hvordan reisemønsteret på sambandet er. Dersom det vanligvis er X PBE om bord i fergen som ikke skal i land ved et anløpssted, må fergekapasiteten til/fra dette anløpsstedet være X PBE større enn tallene i Tabell 4.4.

Som påpekt i kapittel 2.4.2 vil et servicenivå på for eksempel 97 % ha ulik betydning for fergebrukerne avhengig av sambandets frekvens. Dersom fergene i 2 fergesamband frakter like mange PBE og har like mange gjenstående kjøretøy, vil de negative konsekvensene for fergebrukerne bli minst på det sambandet som har høyest frekvens siden ventetidskostnadene blir lavest.

Det er her viktig å huske på at vi her har utledet prinsipper for å finne optimal fergekapasitet når seilingsmønster og andel gjenstående kjøretøy er gitt. Vi har ikke tatt stilling til hvordan ruteopplegget bør være eller hvor stor andel gjenstående kjøretøy en bør ha ut fra en samfunnsøkonomisk vurdering. Dermed har vi heller ikke funnet samfunnsøkonomisk optimal fergekapasitet. Jf. drøftingene i kapittel 3.

Oppsummert kan vi derfor konkludere med at hvis VD har god statistikk over etterspørselen etter fergereiser i et samband samt variasjonene i denne, gir formel (4.8) en god pekepinn på hvordan fergekapasiteten bør være ved ulike ønsker for servicenivået målt med andel gjenstående kjøretøy. Nå må det tilføyes at vi ovenfor har forutsatt at etterspørselen er normalfordelt. Det er ikke sikkert at den alltid er det, men det er mulig å beregne ønsket fergekapasitet selv om en antar andre fordelinger av etterspørselen, jf. kapittel 4.3.2.

4.3.2 Praktisk bruk av modellen for fastsettelse av optimal fergekapasitet

Nedenfor har vi, med utgangspunkt i formel (4.8), jf. kapittel 4.3.1, beregnet optimal fergekapasitet ved ulike krav til servicenivå (målt ved andel kjøretøy som kommer med ønsket avgang), med utgangspunkt i data fra 2 fergesamband i 2005.

Optimal fergekapasitet ved gitt servicenivå

I kapittel 4.3.1 diskuterte vi en mulig metode for å fastsette optimal fergekapasitet ved gitt servicenivå, målt med andel kjøretøy som kommer med ønsket avgang. Her vil vi benytte data fra to fergesamband, Festvåg-Misten i Nordland og Halhjem-Sandvikvåg i Hordaland, til å beregne optimal fergekapasitet per time i sambandets åpningstid ved ulike krav til servicenivå, målt ved andel gjenstående kjøretøy. I Tabell 4.5 er det gitt noen sentrale data for disse to sambandene.

Tabell 4.5: Sentrale data for fergesambandene Festvåg-Misten og Halhjem-Sandvikvåg. Tall fra 2005.

Samband	Lengde (km)	ÅDT		Gjenstående kjøretøy		Antall ferger	Gj.snittl. PBE-størrelse
		PBE	Kjøretøy	Antall	Andel		
Festvåg-Misten	3	236	198	1 010	1,4 %	1	1,19
Halhjem-Sandvikvåg	24	3 146	1 719	18 810	3,0 %	4	1,83

Som det framgår av Tabell 4.5, så er Festvåg-Misten et kort samband (3 km) med relativt liten trafikk (198 kjøretøy per døgn) mens Halhjem-Sandvikvåg er et relativt langt samband (24 km) med mye trafikk (1 719 kjøretøy per døgn). Andelen store kjøretøy er også høyere på sambandet Halhjem-Sandvikvåg, der gjennomsnittlig PBE-størrelse på kjøretøyene er 1,83 mot 1,19 på sambandet Festvåg-Misten. Andel gjenstående kjøretøy var i 2005 3 % på sambandet Halhjem-Sandvikvåg mens tilsvarende andel på sambandet Festvåg-Misten var 1,4 %. Dette innebærer et servicenivå på henholdsvis 97 % og 98,6 %.

Basert på data fra VD sin fergedatabank, har vi beregnet gjennomsnittlig etterspørsel per time i åpningstiden på de to aktuelle sambandene, samt standardavviket til etterspørselen per time. Etterspørselen per time har vi definert som antall kjøretøy fraktet pluss eventuelt gjenstående kjøretøy. Vi har benyttet data fra månedene januar, februar, mars, juni, juli og august i 2005. Vi har da forutsatt at gjennomsnittlig etterspørsel per time og variasjonene i denne, utenom de 3 sommermånedene, er som i perioden januar-mars. Etterspørselen per time i de to sambandene blir da som vist i Tabell 4.6.

Tabell 4.6: Gjennomsnittlig antall kjøretøy per time (inkl. gjenstående kjøretøy) og variasjoner i etterspørselen per time på fergesambandene Festvåg-Misten og Halhjem-Sandvikvåg. Tall fra 2005.

Samband	N*	Sommer				Hele året			
		Gj.snitt	St.avvik	Min.	Maks.	Gj.snitt	St.avvik	Min.	Maks.
Festvåg-Misten	3 668	14,7	13,3	1	105	9,4	8,0	1	44
Halhjem-Sandvikvåg	7 081	55,6	50,9	1	896	42,6	34,5	1	209

* N er antall timesperioder vi har data fra. Det er skilt mellom retning, slik at antall timesperioder i en retning er ca. N/2.

Tabell 4.6 viser, ikke overraskende, at både gjennomsnittlig etterspørselen per time, standardavviket til etterspørselen per time og maksimal etterspørsel per time, er betydelig større om sommeren enn gjennomsnittet over året i begge sambandene.

Ved å benytte formel (4.8), se kapittel 4.3.1, har vi i Tabell 4.7 vist resultatene av beregningen av optimal fergestørrelse (målt i PBE) for de to aktuelle sambandene ved ulike servicenivå (målt med andel kjøretøy som kommer med ønsket avgang).³³

Tabell 4.7 viser optimal fergekapasitet både per time og per ferge. På begge fergesambandene vil en når fergene går kontinuerlig, kunne operere med om lag 2 avganger per time. Dette er under forutsetning av at det benyttes *en* ferge i sambandet Festvåg-Misten og 4 ferger i sambandet Halhjem-Sandvikvåg.³⁴ Dermed har vi anslått optimal fergestørrelse til halvparten av optimal fergekapasitet (målt i PBE) per time.

Tabell 4.7: Optimal fergekapasitet (målt i PBE) ved ulike servicenivå på fergesambandene Festvåg-Misten og Halhjem-Sandvikvåg når etterspørselen forutsettes normalfordelt. Tall fra 2005.

<i>Servicenivå</i>	<i>Festvåg-Misten</i>				<i>Halhjem-Sandvikvåg</i>			
	Sommer		Gjennomsnitt året		Sommer		Gjennomsnitt året	
	Per time	Per ferge	Per time	Per ferge	Per time	Per ferge	Per time	Per ferge
90 %	38	19	23	12	221	110	159	79
95 %	43	22	27	13	255	127	181	91
96 %	45	23	28	14	265	132	188	94
97 %	47	24	29	15	277	138	197	98
98 %	50	25	31	15	293	146	207	104
99 %	54	27	33	17	319	159	225	113

I 2005 ble det benyttet en 27 PBE ferge på sambandet Festvåg-Misten. Ut fra Tabell 4.7 ser vi at vi ved bruk av formel (4.8) får en optimal fergestørrelse i sambandet Festvåg-Misten på henholdsvis 13 PBE og 17 PBE ved servicenivå på 95 % og 99 %. Dagens ferge på 27 PBE skulle derfor ha stor nok kapasitet til å oppfylle et servicemål på 99 %. I 2005 var servicenivået i dette sambandet tilnærmet 99 %.

³³ Vi har regnet om kjøretøy til PBE ved å benytte gjennomsnittlig PBE-størrelse per kjøretøy i de to sambandene, jf. Tabell 4.5. I og med at gjenstående kjøretøy kun registreres på antall og ikke som PBE, har vi valgt å måle etterspørselen per time i antall kjøretøy og ikke i PBE. Alternativt kunne vi regnet om antall gjenstående kjøretøy i PBE og benyttet antall PBE per time som måleenhet på de kjøretøyene som kom med ønsket avgang.

³⁴ Her kan det nevnes at det 7. januar 2007 ble satt inn en ny gassdrevet ferge (MF Bergensfjord) på 212 PBE i sambandet Halhjem-Sandvikvåg. Bergensfjord har kortere terminaltid og går betydelig raskere enn de gamle fergene. VD mener derfor at dagens frekvens på sambandet i framtiden kan opprettholdes med kun 3 ferger.

Sambandet Halhjem-Sandvikvåg ble i 2005 betjent av 4 ferger på henholdsvis 107 PBE, 106 PBE, 105 PBE og 90 PBE. Dersom fergene seiler like mye, gir dette en gjennomsnittlig PBE-kapasitet på 102 PBE. Våre beregninger ved bruk av formel (4.8), viser en optimal ferge-størrelse på 91 PBE og 113 PBE ved servicenivå på 95 % og 99 %. Dagens ferger vil således ikke kunne oppfylle servicenivå på 97 % eller høyere.

Formel (4.8) forutsetter at etterspørselen per time er normalfordelt. Som påpekt tidligere vil etterspørselen per time nok ha ulik fordeling mellom forskjellige samband, og også på samme samband i ulike perioder, for eksempel mellom sommermånedene og ellers i året.

I Tabell 4.8 har vi beregnet optimal fergekapasitet i de to aktuelle sambandene under forutsetning om at etterspørselen per time er lognormalt fordelt.³⁵

Tabell 4.8: Optimal fergekapasitet (målt i PBE) ved ulike servicenivå på fergesambandene Festvåg-Misten og Halhjem-Sandvikvåg når etterspørselen forutsettes lognormalt fordelt. Tall fra 2005.*

Servicenivå	Festvåg-Misten				Halhjem-Sandvikvåg			
	Sommer		Gjennomsnitt året		Sommer		Gjennomsnitt året	
	Per time	Per ferge	Per time	Per ferge	Per time	Per ferge	Per time	Per ferge
90 %	34	17	17	9	125	62	96	48
95 %	46	23	24	12	172	86	132	66
96 %	50	25	26	13	190	95	146	73
97 %	56	28	29	15	214	107	164	82
98 %	65	33	34	17	250	125	191	96
99 %	83	41	44	22	321	161	246	123

Når vi benytter en lognormal fordeling, ser vi av Tabell 4.7 og Tabell 4.8 at PBE^{KO} endrer seg en del. Ved et servicenivå på 98 % gir en lognormal fordeling av etterspørselen per time i sambandet Festvåg-Misten, 30 % og 10 % større optimal fergekapasitet enn ved en normalfordeling for henholdsvis sommersesongen og året som helhet. Tilsvarende tall for sambandet Halhjem-Sandvikvåg er 15 % og 8 % lavere fergekapasitet. Sammenholder vi tallene i Tabell 4.7 og Tabell 4.8 ser vi at for begge sambandene vil optimal beregnet fergekapasitet være større når en forutsetter normalfordelt etterspørsel enn når en forutsetter lognormalt fordelt etterspørsel – gitt at servicenivået er lavere enn 90 %. Ved sært høye servicenivå (99 % eller

³⁵ Optimal fergekapasitet (PBE^{KO}) beregnes ved en slik fordeling som følger: $PBE^{KO} = e^{(\ln PBE^* + Z(S) \cdot \ln \sigma^*)}$, hvor $\ln PBE^*$ og $\ln \sigma^*$ er henholdsvis gjennomsnittet av logaritmene til PBE og standardavviket til logaritmene av PBE mens $Z(S)$ er S-fraktilen i den normaliserte normalfordelingen.

høyere), vil imidlertid nødvendig fergekapasitet bli størst når en forutsetter at etterspørselen er lognormalt fordelt. Dette viser at det er viktig å ha god kjennskap til hvordan variasjonene i etterspørselen per avgang fordeler seg, når en med utgangspunkt i et gitt servicenivå skal fastsette en optimal fergekapasitet.

Når det gjelder våre to aktuelle samband, viser plott over frekvensfordelingen av etterspørselen per time, at den på sambandet Festvåg-Misten har en fordeling som er tilnærmet lognormal (altså høyreskjev). På sambandet Halhjem-Sandvikvåg er fordelingen av etterspørselen mindre høyreskjev enn hva tilfellet er på sambandet Festvåg-Misten, slik at det er mer rimelig å forutsette en normalfordeling. Ut fra dette er det således rimelig å ta utgangspunkt i Tabell 4.7 når optimal fergekapasitet for fergesambandet Festvåg-Misten skal anslås, og Tabell 4.8 når fergekapasiteten på sambandet Halhjem-Sandvikvåg skal fastsettes.

Optimal fergekapasitet ved endringer i etterspørselen

Både gjennomsnittlig etterspørsel per time (PBE^N) og variasjonen i denne målt ved standardavviket (σ), vil variere betydelig fra fergestekning til fergestrekning. Variasjonskoeffisienten $VK = \sigma/PBE^N$, som er et *relativt* mål på variasjonen i etterspørselen, vil imidlertid variere betydelig mindre.³⁶ Det er således vanskelig å behandle grupper av samband (for eksempel samband med en ÅDT mellom 500 og 1 000 PBE) likt når optimal fergekapasitet skal bestemmes ut fra formel (4.8). Etterspørselen etter fergereiser på hvert fergesamband bør således behandles separat, og dimensjoneringen av fergekapasiteten må ta utgangspunkt i størrelsen på, og fordelingen til, denne etterspørselen.

Beregninger av gjennomsnittlig etterspørsel og variasjonene i denne, gjennomført et bestemt år, også kunne benyttes når nødvendig kapasitet skal fastsettes for flere år fram i tid. La oss anta at gjennomsnittlig etterspørsel i et fergesamband per time hver vei i år n er PBE_n^N og at variasjonskoeffisienten til etterspørselen er VK . Forventet årlig trafikkvekst i sambandet er α . Nødvendig fergekapasitet per time i hver retning (PBE^K) i år $n+i$ ved et gitt servicenivå S , kan finnes ut fra følgende formel:

$$(4.9) \quad \begin{aligned} PBE_{n+i}^K &= PBE_n^N \cdot (1 + \alpha)^i + Z(S) \cdot VK \cdot PBE_n^N \cdot (1 + \alpha)^i \Rightarrow \\ PBE_{n+i}^K &= PBE_n^N \cdot (1 + \alpha)^i [1 + Z(S) \cdot VK] \end{aligned}$$

³⁶ Det kan her nevnes at VK om sommeren på våre to samband Festvåg-Misten og Halhjem-Sandvikvåg er henholdsvis 0,901 og 0,915. Sett over hele året er VK henholdsvis 0,85 og 0,81.

Anta at en i et fergesamband i 2006 har beregnet PBE^N per time i hver retning til 40 og σ til 35. Dette innebærer at VK er 0,88. Ved et servicenivå på 97 % ($Z(S)=1,88$) skulle dette ut fra formel (4.8) gi en optimal fergekapasitet per time på 106 PBE i 2006. Hvis en antar en årlig trafikkvekst på 2 % ($\alpha=0,02$), og at VK ikke endres, vil et rimelig anslag på nødvendig fergekapasitet per time i 2012 (etter 6 år) for at gjeldende servicenivå skal kunne oppfylles, ut fra formel (4.9) bli: $[40 \cdot 1,02^6 \cdot (1+1,88 \cdot 0,88)]PBE = 119$ PBE. Under de aktuelle forutsetninger må altså sambandet ha en fergekapasitet på 119 PBE per time i begge retninger i 2012 for at servicenivået på 97 % skal kunne opprettholdes. Dette er en fergekapasitet som er vel 12 % større enn i 2006, som da ved konstant VK er lik forventet trafikkvekst i perioden.

Under forutsetning av konstant variasjon i etterspørselen, målt ved variasjonskoeffisienten, vil altså økningen i nødvendig fergekapasitet være lik økningen i forventet etterspørsel – gitt at andel kjøretøy som skal få komme med ønsket avgang er konstant.

Hvis det er rimelig å forvente at den økte etterspørselen kommer på de mest populære avgangene vil imidlertid σ øke relativt mer enn PBE^N , slik at VK øker. Hvis vi i eksemplet antar at VK øker til 0,95 i 2012, blir nødvendig fergekapasitet per time for å kunne oppfylle det aktuelle servicenivå 125 PBE. I praksis er det vanskelig å lage treffsikre prognoser over utviklingen i etterspørselen etter fergetjenester på et bestemt samband. Enda vanskeligere vil det være å lage anslag på hvordan etterspørselen vil fordele seg over døgnet. I praksis vil nok derfor fastsettelsen av optimal fergekapasitet et gitt antall år fram i tid ved gitt servicenivå, enklest bestemmes ved å oppjustere dagens nødvendige kapasitet med forventet trafikkvekst i den aktuelle perioden. Således vil optimal fergekapasitet i år $n+i$ kunne skrives som:

$$(4.10) \quad PBE_{n+i}^{KO} = PBE_n^{KO} \cdot (1 + \alpha)^i$$

der (PBE_n^{KO}) er optimal fergekapasitet i år n og α årlig trafikkvekst.

Servicenivå om sommeren

VD sine servicemål knyttet til andel gjenstående kjøretøy, er gjennomsnittsmål over året. Siden både gjennomsnittlig etterspørsel, og variasjonen i denne, er større om sommeren enn ellers i året, vil servicenivået bli lavere om sommeren enn for året som helhet, dersom ikke fergekapasiteten økes i de tre sommermånedene.

I henhold til fergestatistikken var servicenivået på sambandene Festvåg-Misten og Halhjem-Sandvikvåg henholdsvis 98,1 % og 94,6 % sommeren 2005, mens gjennomsnittstallene for 2005 var 98,6 % og 97 %, som tidligere nevnt. Med utgangspunkt i dette har vi i Tabell 4.7 og

Tabell 4.8 også vist optimal fergekapasitet om sommeren. Forskjellen mellom optimal fergekapasitet per time om sommeren og optimal fergekapasitet per time over hele året, gir et uttrykk for hvor mye større fergekapasiteten må være om sommeren enn ellers i året, dersom VD ikke aksepterer at servicenivået om sommeren kan være lavere enn ellers i året.³⁷

I praksis vil en i mange samband oppleve et lavere servicenivå (målt ved andel kjøretøy som kommer med ønsket avgang) om sommeren enn ellers i året. Dette skyldes en betydelig økning i etterspørselen på grunn av turisttrafikk. Da turister normalt sett har lavere tidskostnader enn den øvrige trafikken, kan det faglig vurdert være samfunnsøkonomisk riktig å sette servicenivået om sommeren lavere enn ellers i året. Uansett vil det være nyttig å synliggjøre forskjellene i servicenivå mellom sommermånedene og resten av året, da gjennomsnittstall over året vil kunne skjule betydelige forskjeller mellom ulike måneder.

Vi ser av Tabell 4.7 og Tabell 4.8 at vi ved bruk av formel (4.8) har beregnet optimal fergestørrelse i de to aktuelle sambandene til henholdsvis 25 PBE (33 PBE) og 146 PBE (125 PBE), dersom en skal klare å ha et servicenivå på 98 % om sommeren. Dagens ferger i sambandet Halhjem-Sandvikvåg blir således for små for å klare dette kravet, mens fergen i sambandet Festvåg-Misten er i ”grenseland”; forutsetningen om normalfordelt etterspørsel gir tilstrekkelig sommerkapasitet, mens den lognormale fordelingen indikerer en for liten kapasitet.

Oppsummert kan vi si VD i dag har tilgjengelige data som innebærer at formel (4.8) kan benyttes til å anslå hvilken fergekapasitet en må ha i ulike samband, dersom et gitt servicenivå (målt med andel gjenstående kjøretøy, alternativt PBE) skal kunne oppnås. På noen samband, spesielt de mest trafikksterke, er nok kvaliteten på datamaterialet noe varierende – spesielt hva angår antall gjenstående kjøretøy. Dette er det imidlertid mulig å gjøre noe med, slik at datakvaliteten kan forbedres.³⁸

³⁷ Forskjellen i fergekapasitet blir noe større enn det tabellene indikerer, siden vi ikke har sammenlignet sommeretterspørselen med etterspørselen i de 9 resterende månedene, men med etterspørselen på årsbasis (12 måneder).

³⁸ En måte å få gode tall på gjenstående kjøretøy, er å engasjere studenter eller skolelever til å foreta manuelle tellinger i noen utvalgte uker i året. For studenter kan et slikt datamateriale benyttes til å skrive diplomoppgaver/ masteroppgaver og for elever kan slike oppdrag trekkes inn i matematikkundervisningen både på ungdomsskolen og i videregående skole.

5. OPPSUMMERING OG ANBEFALINGER

Nedenfor har vi oppsummert de anbefalinger vi på grunnlag av vårt arbeid med problemstillingene knyttet til kapasitet i fergesektoren kan gi til Statens vegvesen, Vegdirektoratet (VD) når det gjelder arbeidet med fremtidig fergedriftsstandard. Anbefalingene gis på grunnlag av de diskusjoner og drøftinger som er gjennomført i kapitlene 2, 3 og 4.

5.1 BAKGRUNN OG PROBLEMSTILLINGER

Statens vegvesen arbeider med et prosjekt om kapasitet i fergesektoren. Resultatene fra prosjektet skal inngå som et innspill til det arbeidet VD gjennomfører i 2006 og 2007 i forbindelse med en revisjon av gjeldende fergedriftsstandard. Dette er en del av arbeidet med Nasjonal transportplan 2010-2019. Foreliggende rapport om kapasitet i fergesektoren er et bidrag til det pågående arbeidet til VD.

Formålet med dette arbeidet har vært å gi en nærmere drøfting og analyse av kapasitets-, kapasitetsutnyttelses- og servicemål i fergedriften. Problemstillingene i prosjektet er firedelt. Det skal:

- Gjennomføres en vurdering av hvilke parametere som er mulig og ønskelig å bruke for å beskrive kapasitetsmål, kapasitetsutnyttelsen av fergene samt den servicen de yter.
- Gjennomføre prinsipielle drøftinger av eventuelle forskjeller mellom bedriftsøkonomisk og samfunnsøkonomisk optimalt nivå på ulike servicevariabler for derigjennom å avsløre for hvilke servicemål det kan være store sprik mellom den servicen selskapene og myndighetene ønsker.
- Gjennomføre drøftinger av sammenhengen mellom nødvendig fergekapasitet og servicenivå.
- Gjennomføre drøftinger av hvordan samfunnsøkonomisk optimalt servicenivå, målt ved frekvens, bør avhenge av trafikkmengde, trafikantenes tidskostnader og sambandets lengde, med spesiell fokus på samband med en ÅDT på mer enn 750 PBE.

Et rimelig krav til de mål som skal benyttes for å beskrive kapasitet, kapasitetsutnyttelse og service, er at målene må ha god validitet; dvs. at de må måle det en ønsker å måle. Videre må målene kunne beregnes noenlunde pålitelig av rederiene uten alt for stort bryderi; dvs. at de må kunne oppvise god reliabilitet uten en uforholdsmessig stor arbeidsinnsats. Målene må også være slik at de er vanskelig for rederiene å manipulere/jukse med og at de rapporterte

tallene kan kontrolleres av VD. Dersom det siste er tilfelle reduseres også sannsynligheten for bevisst feilrapportering fra rederiene.

5.2 ANBEFALTE PARAMETERE FOR MÅLING AV KAPASITET

På bakgrunn av drøftingene i kapittel 2.2, mener vi at kapasiteten i et fergesamband best kan beskrives med antall ferger tilknyttet sambandet, samlet PBE-kapasitet og passasjerkapasitet til disse fergene samt maksimalt antall tilbudte PBE per time til disse fergene. Således kan kapasiteten på fergesambandene i Norge systematiseres som vist i Tabell 5.1.

Tabell 5.1: Anbefalte parametere for måling av kapasitet på et fergesamband.

<i>Samband^b</i>	<i>Fergekapasitet</i>			<i>Transportkapasitet^a</i>
	Antall ferger	Samlet PBE-kapasitet	Samlet passasjerkapasitet	Tilbudte PBE per time
A				
B				
C				
↓				
↓				
n				

^a For samband med mer enn 2 anløpssteder, kan det være aktuelt å beregne transportkapasiteten på enkeltstrekninger.

^b For samband med ulik ferge- og transportkapasitet over året, bør det skilles mellom "sommerkapasitet" og "vinterkapasitet".

Alle målene på kapasitet i et fergesamband, som er anbefalt i Tabell 5.1, vil med rimelig stor grad av sikkerhet kunne fastsettes før et nytt driftsår starter. I dag forhandles det med rederiene om detaljer i ruteopplegget etter at driftsåret er startet, men i en framtidig anbuds-situasjon må vi anta at kapasiteten i sambandene er kontraktsfestet i god tid før driftsåret starter. Beregningen av tilbudte PBE per time, når en kjenner fergetype og sambandslengde, kan gjøres ved å ta utgangspunkt i formel (2.3).

5.3 ANBEFALTE PARAMETERE FOR MÅLING AV KAPASITETSUTNYTTELSE

Når det gjelder måling av kapasitetsutnyttelse ble dette diskutert i kapittel 2.3. Gode mål på kapasitetsutnyttelsen i et fergesamband er gjennomsnittlig utnyttelse av fergedekket (U_1) og andel av døgnet fergene er i drift (U_2). Ved å multiplisere U_1 og U_2 får vi et mål på samlet kapasitetsutnyttelse over døgnet (U). Dette målet ($U=U_1 \cdot U_2$) tar altså både hensyn til hvor godt fergedekket er utnyttet når fergene seiler, og hvor stor andel av døgnet de er i drift.

Kapasitetsutnyttelsen på fergesambandene i Norge kan dokumenteres som vist i Tabell 5.2.

Tabell 5.2: Anbefalte parametere for måling av kapasitetsutnyttelsen av fergemateriellet på et fergesamband.^a

<i>Samband</i>	<i>Gjennomsnittlig utnyttelse av fergedekket (U_1)</i>	<i>Andel av døgnet fergene er i drift (U_2)</i>	<i>Samlet kapasitetsutnyttelse ($U=U_1 \cdot U_2$)</i>
A			
B			
C			
↓			
↓			
n			

^a For å synliggjøre sesongvariasjoner, kan det skilles mellom kapasitetsutnyttelsen om sommeren og ellers i året.

Når åpningstiden i sambandet er kjent, se kapittel, vil i praksis U_2 være kjent før driftsåret starter (eller tidlig i driftsåret). U og U_1 vil først kunne fastsettes helt eksakt etter at et driftsår er avsluttet, og vil således publiseres med et tidslegg på om lag ett år.

5.4 ANBEFALTE PARAMETERE FOR MÅLING AV SERVICENIVÅET

I kapittel 2.4 drøftet vi aktuelle servicemål i fergedriften. Vår anbefaling er at servicen i et gitt fergesamband beskrives med parametrene åpningstid, frekvens, pålitelighet og andel kjøretøy som kommer med ønsket avgang.³⁹ Med dette som utgangspunkt kan servicenivået på fergesambandene i Norge beskrives som skissert i Tabell 5.3.

Tabell 5.3: Anbefalte parametere for måling av servicenivået på et fergesamband.

<i>Samband</i>	<i>Åpningstid</i>	<i>Frekvens</i>	<i>Pålitelighet</i>		<i>Andel kjøretøy som kommer med ønsket avgang ($100-Y$)</i>
			<i>Regularitet^a</i>	<i>Punktlighet^b</i>	
A					
B					
C					
↓					
↓					
n					

^a Andel realiserte avganger i forhold til antall planlagte avganger.

^b Andel avganger som er mer enn 5 minutter forsinket.

I forhold til gjeldende fergedriftsstandard, jf. Tabell 1.1, foreslår vi at påliteligheten i ferge-tilbudet måles på hvert samband og innføres som en egen serviceparameter. Åpningstid og

³⁹ I henhold til vanlig begrepsbruk for fastsettelse av servicemål i næringslivet, bør prosentvis andel gjenstående kjøretøy (Y) erstattes med prosentvis andel kjøretøy som kommer med ønsket avgang $(100-Y)=S$.

frekvens vil være serviceparametere der kvaliteten fastsettes før driftsåret starter (eller tidlig i driftsåret), mens påliteligheten (regulariteten og punktligheten) samt andel kjøretøy som kommer med ønsket avgang, registreres og publiseres med et tidslegg på ett år.

Da vi gjennomgikk disse servicemålene i kapittel 2.4, presiserte vi at de kan være gjensidig avhengige av hverandre og at deres relative betydning vil variere fra fergesamband til fergesamband. Betydningen av god regularitet og av andel kjøretøy som kommer med ønsket avgang, blir eksempelvis større desto lavere frekvensen er. Det vil også være en sammenheng mellom andel kjøretøy som kommer med ønsket avgang og kapasitetsutnyttelsen når fergene seiler (U_1); når U_1 er høy eller øker kan det signalisere færre eller synkende andel kjøretøy som kommer med ønsket avgang, se Figur 2.1. Som vist i kapitel 2.3.1, vil vanligvis et servicenivå på årsbasis på 98 % eller mer, være vanskelig å oppnå når gjennomsnittlig kapasitetsutnyttelse overstiger ca. 35 %.

5.5 ANBEFALINGER OM OPTIMALT SERVICENIVÅ

I NTP 2006-2015 er det fastsatt ønsket driftsstandard for fergedriften i Norge. VD er usikker på om denne standarden gir et samfunnsøkonomisk riktig fergetilbud, og ønsker således å se nærmere på standarden. I den forbindelse vil vurderinger av hva som ut fra et samfunnsøkonomisk ståsted er et optimalt servicenivå være viktig. Fastsettelse av riktig servicenivå blir også viktigere ettersom målsettingen er at alle fergesamband skal anbudssettes innen utgangen av 2009. I et anbudsregime fraskriver VD seg muligheten til rokeringer av fergeflåten, og kapasitetsendringer innenfor en anbudsperioden utløser forhandlinger mellom Statens vegvesen og det aktuelle rederi. Således kan fastsettelse av ”feil” kapasitet bli kostbart for staten.

Fastsettelsen av servicenivået og dermed fergetilbudet i ulike samband, kan gjøres ut fra 2 hovedtilnærminger:

1. Det kan bestemmes ut fra en målsetting om å maksimere samfunnsøkonomisk overskudd, ofte under bibetingelse av at tilskuddet ikke skal bli for stort.
2. Det kan fastsettes ut fra politiske føringer om verdien på ett eller flere servicemål som ansees som særlig viktige.

5.5.1 Optimalt servicenivå ut fra en samfunnsøkonomisk synsvinkel

Å komme med en operasjonell standardformel som kan brukes til å finne optimalt antall ferger, størrelsen på disse samt hvor ofte de skal gå i ulike fergesamband, mener vi er en til-

nærmet umulig oppgave. Dette skyldes at så vel trafikkfordelingen over døgnet, type trafikk samt krav til fergemateriell på grunn av forskjellige fartsområder, varierer betydelig fra samband til samband. Vi håper imidlertid at våre drøftinger i kapittel 3 og 4, har gitt VD bedre innsikt i prinsipper for fastsettelse av optimalt servicenivå og derigjennom et bedre grunnlag for å komme med anbefalinger om hvordan servicenivået i hvert enkelt tilfelle bør endres.

Våre modellberegninger i kapittel 4 gir noen tommelfingerregler om hvordan en svært så viktig serviceparameter som frekvens bør variere med trafikkmengden over sambandet, lengden på sambandet og fergestørrelsen. Vi konkluderte her, jf. Tabell 4.1 med at:

- Når trafikkgrunnlaget øker med X %, bør frekvensen øke med $0,5 \cdot X$ %. Fergesamband som eksempelvis har 20 % større trafikkgrunnlag enn andre samband, bør dermed ha 10 % høyere frekvens.
- Når kostnadene ved å gjennomføre en ekstra rundtur øker med Y %, bør antall rundturer reduseres med $0,5 \cdot Y$ %.
- Ettersom det er en del avstandsuaavhengige kostnader ved å gjennomføre en ekstra rundtur, bør frekvensen reduseres med mindre enn $0,5 \cdot Z$ % når lengden på sambandet øker med Z % - anslagsvis med mellom $0,2 \cdot Z$ % og $0,4 \cdot Z$ % alt avhengig av sambandslengden.
- Når størrelsen på de fergene som betjener sambandet øker med Q %, bør frekvensen reduseres med langt mindre enn Q % - kanskje et sted mellom $0,2 \cdot Q$ % og $0,3 \cdot Q$ %.

I Tabell 4.1 har vi gjennomført noen regneeksempler på hvordan optimal frekvens påvirkes av trafikkmengde og sambandet lengde. Sammenholder vi disse tallene med anbefalt frekvens i fergedriftsstandard i Tabell 1.1, ser vi at:

- Den *relative* økningen i frekvens når ÅDT over sambandet øker, er litt høyere i Tabell 1.1 enn det våre modellresultater tilsier. Dette innebærer at den relative forskjellen i frekvens mellom lav- og høytrafikkerte samband i dagens fergedriftsstandard er noenlunde i tråd med det som er samfunnsøkonomisk riktig.
- Våre modellberegninger tilsier at anbefalt frekvens i dagens fergedriftsstandard stort sett gir for lav frekvens i korte samband og for høy frekvens i lange samband ut fra en samfunnsøkonomisk vurdering. Eksempelvis er beregnet optimal frekvens for samband med en rundturlengde på 10 km og en ÅDT på 1 000 PBE 24 % høyere enn dagens anbefalte frekvens, mens et samband som er dobbelt så langt har en anbefalt frekvens som ligger 2 % høyere enn beregnet samfunnsøkonomisk riktig frekvens.

Ovenfor har vi gitt anbefalinger knyttet til fastsettelse av optimalt servicenivå ut fra en samfunnsøkonomisk vurdering. Som vi påpekte i kapittel 3.2, vil fergereederiene når de ikke får bestemme takstene selv, ønske et servicenivå (frekvens, punktlighet etc.) som er lavere enn det som er samfunnsøkonomisk optimalt. Det er derfor viktig at SVV kontrollerer om selskapene oppfyller de servicemål som fastsettes på det enkelte samband. Hvis det er slik at avviket mellom det servicenivået selskapene ønsker og samfunnsøkonomisk optimalt servicenivå øker når takstene reduseres, er det spesielt viktig å følge opp kvaliteten på fergetilbudet dersom fergene eksempelvis skulle bli gratis å benytte.

5.5.2 Optimal fergekapasitet ved gitt servicenivå

Ved gitt frekvens og servicenivå, målt ved andel kjøretøy som kommer med ønsket avgang, kan optimal fergekapasitet per time i et samband (PBE^{KO}) bestemmes ut fra følgende formel når etterspørselen per time antas å være normalfordelt:

$$PBE^{KO} = PBE^N + Z(S) \cdot \sigma$$

hvor PBE^N er gjennomsnittlig etterspørsel per time, σ er standardavviket til etterspørselen (målt i PBE) per time og $Z(S)$ er S-fraktilen i den normaliserte normalfordelingen. Tilsvarende beregninger kan gjøres under andre forutsetninger om fordelingen av etterspørselen; for eksempel når den er lognormalt fordelt, se Tabell 4.8.

Beregningen av PBE^{KO} i et samband for et bestemt år ved gitt servicenivå, kan benyttes for å fastsette optimal fergekapasitet i framtiden, dersom en har pålitelige anslag på forventet trafikkutvikling. Optimal fergekapasitet i år $n+i$ (PBE_{n+i}^{KO}) kan, ved forutsetning om at variasjonskoeffisienten til etterspørselen er konstant, bestemmes ved følgende formel:

$$PBE_{n+i}^{KO} = PBE_n^{KO} \cdot (1 + \alpha)^i$$

der α er årlig trafikkvekst på desimalform. Fergekapasiteten bør altså følge forventet trafikkvekst. Ved anbudskontrakter over flere år, bør kapasiteten dimensjoneres slik at servicenivået også kan opprettholdes dersom trafikken over sambandet kommer til å øke.

Ved fastsettelse av optimalt servicenivå anbefaler vi at det skilles mellom servicenivået om sommeren og ellers i året. Det kan for eksempel være samfunnsøkonomisk fornuftig å godta at en mindre andel kjøretøy kommer med ønsket avgang om sommeren enn om vinteren, ettersom turistene rimeligvis har lavere tidskostnader enn øvrige fergebrukere.

Ut fra en samfunnsøkonomisk vurdering, bør myndighetenes målsettinger om andel kjøretøy som skal komme med ønsket avgang, være større jo lavere frekvensen er, ettersom det er mer alvorlig å måtte stå over en avgang desto lengre det er til neste fergeavgang. Videre bør andel kjøretøy som kommer med ønsket avgang øke med trafikkmengden over sambandet.

6. VEIEN VIDERE

Hovedformålet med dette arbeidet har vært å gjennomføre prinsipielle drøftinger av problemstillinger knyttet til kapasitet og service i norsk fergedrift. Overordnede prinsipper for fastsettelse av optimalt samfunnsøkonomisk servicenivå er drøftet, og en generell modell for bestemmelse av optimal frekvens i et samband er utledet. Modellen er eksemplifisert med realistiske regneeksempler. En operasjonell modell for fastsettelse av optimal fergekapasitet når frekvensen og servicenivået (målt med andel kjøretøy som kommer med ønsket avgang) er utledet og testet empirisk på 2 fergesamband med trafikkstatistikk fra 2005. Grunnlaget for praktisk anvendelse av modellene for bestemmelse av servicenivået i norsk fergedrift, er således lagt ved gjennomføringen av dette prosjektet.

Statens vegvesen har gode tall om fergedriften både når det gjelder etterspørsels- og kostnads-siden. Fergedatabanken inneholder tall over antall kjøretøy (samt PBE) og antall gjenstående kjøretøy per time på alle fergesamband. Disse tallene, med forbehold om at tallkvaliteten på enkelte samband kan være noe dårlig, gir muligheter til å modellere etterspørselen etter ferge-tjenester og variasjonene i denne, på hvert enkelt samband. Denne kunnskapen, sammen med prognoser over forventet trafikkutvikling, gir muligheter til å fastsette nødvendig fergekapasitet til å kunne oppfylle målsettinger om et gitt servicenivå, målt med andel kjøretøy som kommer med ønsket avgang for ulike samband.

Videre inneholder sambands-, skips- og ruteregnskap kostnadstall, som gir muligheter til å beregne både totale kostnader, gjennomsnittskostnader og marginalkostnader både på kort og lang sikt i ulike typer samband.⁴⁰ Når en i tillegg har verdier på ventetidskostnader for ulike typer trafikk, jf. Håndbok 140, har en i prinsippet det tallmaterialet som skal til for å kunne benytte de modellene vi har utviklet i dette arbeidet til å anslå noenlunde eksakt samfunnsøkonomisk optimal fergekapasitet (både hva angår frekvens og fergestørrelse) i ulike fergesamband. En naturlig videreføring av vårt arbeid, vil således være å utvikle og empirisk teste ut gode operative modeller for bestemmelse av servicenivået i norsk fergedrift på sambandsnivå.

En kortsiktig anvendelse av de utledede modellene, spesielt modellene for fastsettelse av optimal fergekapasitet per time ved gitt frekvens og servicenivå, jf. formel (4.8) og (4.10), vil være i tilknytning til de forestående anbudsutlysningene i riksvegfergedriften. Dersom fastlagte servicemål i fergedriften skal kunne oppfylles, er det viktig å kunne dimensjonere fergekapasiteten ved hjelp modeller som direkte kan anvendes ved å benytte tilgjengelig trafikkstatistikk fra fergedatabanken. Som vist i kapittel 4.3.2, kan optimal fergekapasitet utledes,

⁴⁰ Anslag på langsiktige og kortsiktige marginalkostnader innenfor fergedriften gir grunnlag for beregning av samfunnsøkonomisk riktige fullpristakster og rabattordninger.

men det krever analyser av trafikkstatistikk per time i begge retninger for hver enkelt strekning, noe som er ressurskrevende da tallene i fergedatabanken må organiseres og bearbeides en del før beregningen av gjennomsnittlig etterspørsel per time og variasjonene i denne kan gjennomføres.

I tillegg til å beregne optimal fergekapasitet per time ved gitt servicenivå og frekvens, kan en ved hjelp av en litt utvidet versjon av formel (4.3) og (4.4), der en også tar hensyn til frekvensens effekt på nyskapt trafikk og andel gjenstående kjøretøy, beregne samfunnsøkonomiske kostnader i et fergesamband ved forskjellige ruteopplegg og ulike fergetyper. Ved gitte fergetyper kan også optimal samfunnsøkonomisk frekvens anslås. Dette krever i tillegg til god trafikkstatistikk også fornuftige anslag på fergebrukernes tidskostnader og driftskostnadene for ulike fergetyper. Således vil denne type beregninger innebære en betydelig ressursinnsats i og med at det må gjennomføres beregninger på hvert enkelt fergesamband.

Et enda vanskeligere spørsmål er å bestemme hva som vil være et samfunnsøkonomisk riktig servicenivå i fergedriften, når en samtidig, og på alle samband, skal fastsette fergekapasitet per time, takster og alle serviceparametere (åpningstid, frekvens, pålitelighet, overfartstid, fergestørrelse og andel kjøretøy som skal komme med ønsket fergeavgang). Prinsippet er i og for seg greit; den siste krone anvendt på bedre service i et fergesamband skal gi like stor velferdsøkning for fergebrukerne uansett hvordan den brukes, og servicen bør økes til det nivået der fergebrukernes marginale betalingsvillighet for en ytterligere serviceøkning er lik de samfunnsøkonomiske kostnadene ved denne økningen. Å lage operative modeller for dette er imidlertid en særdeles vanskelig oppgave. I og med at fergene må betraktes som en integrert del av transportinfrastrukturen, kan heller ikke fergetilbudet sees isolert fra det tilstøtende vegnettet og kvaliteten og framkommeligheten på dette. Dette kompliserer problemstillingen ytterligere.

Ut fra det ovenstående mener vi at det ikke er formålstjenlig å forsøke å utforme en modell for å beregne samfunnsøkonomisk optimalt servicenivå i fergedriften, der en ved å legge inn verdier for trafikkmengde, fergekostnader og fergebrukernes tidskostnader, kan få ut optimale verdier på antall ferger, størrelsen på disse samt hvor ofte de skal på (frekvens).

En mer fruktbar tilnærming vil være å fastsette prinsipper for hvordan frekvensen *relativt* sett bør variere mellom samband ut fra trafikkmengden, strekningslengden, fergebrukernes tidskostnader og fergekostnadene. Gode regler her vil gjøre det lettere for VD å fastsette en samfunnsøkonomisk fornuftig driftsstandard i ulike typer samband. En tilnærming til denne problemstillingen er foretatt i kapittel 4.2.

Til slutt er det viktig å ha i mente at politikerne har fordelingshensyn og ivareta, slik at distriktpolitiske hensyn raskt vil kunne sette en effektiv nedre grense for et akseptabelt servicenivå på et fergesamband, som da, sammen med finansielle restriksjoner, vil fungere som sterke beskrankninger på fastsettelsen av et riktig servicenivå i norsk ferge drift. Det er også viktig å huske på at hva som er et riktig servicenivå vil avhenge av fergetakstene. Når disse endres, bør også servicenivået i prinsippet endres. Dette er en svært aktuell problemstilling siden den Regjeringen nå vurderer om noen fergesamband skal bli gratis å benytte.

REFERANSER

Amundsveen, R og Øines, T (2002). Havbruksnæringas nytte av bedre transportinfrastruktur - Verdssetting av fergekapasitet og -frekvens i Lurøy-sambandet. NF-rapport nr. 13/2002. Nordlandsforskning, Bodø.

Jørgensen, F og Sæterdal, S (1984). Store eller små trafikkselskap – hva bør en satse på? Rapport nr. 6, Nordlandsforskning, Bodø.

Jørgensen, F, Solvoll, G og Welde, M (2006). Gratis ferger – stor og omstridt transportreform i Norge. Paper presentert på Transportdage ved Aalborg Universitet, 28. august.

Solvoll, G og Mathisen, T (2005). Pendlerne først! Konsekvenser av forkjørsrett på ferjesambandet Festvåg-Misten. Working Paper No. 18/2005. Handelshøgskolen i Bodø.

Spence, M (1975). Monopoly, Quality and Regulation, Rand Journal of Economics, vol. 6, no. 2, pp. 417-429.

Statens vegvesen, Vegdirektoratet (2003). Ferjeforvaltning – vurdering av mål for driftsstandard. Intern arbeidsrapport datert februar 2003.

Statens vegvesen (2006). Konsekvensanalyser. Håndbok 140.

Waters, D (2003). Inventory Control and Management. Wiley, England.