

## Trafikberegninger for en fast forbindelse over Femer Bælt

Wulf D. Wätjen, Carl Bro as

### Baggrund

Efter en fælles beslutning truffet af den danske og den tyske trafikminister indledtes i 1995 en række forundersøgelser vedrørende en mulig fast forbindelse over Femer Bælt. Undersøgelserne omfattede:

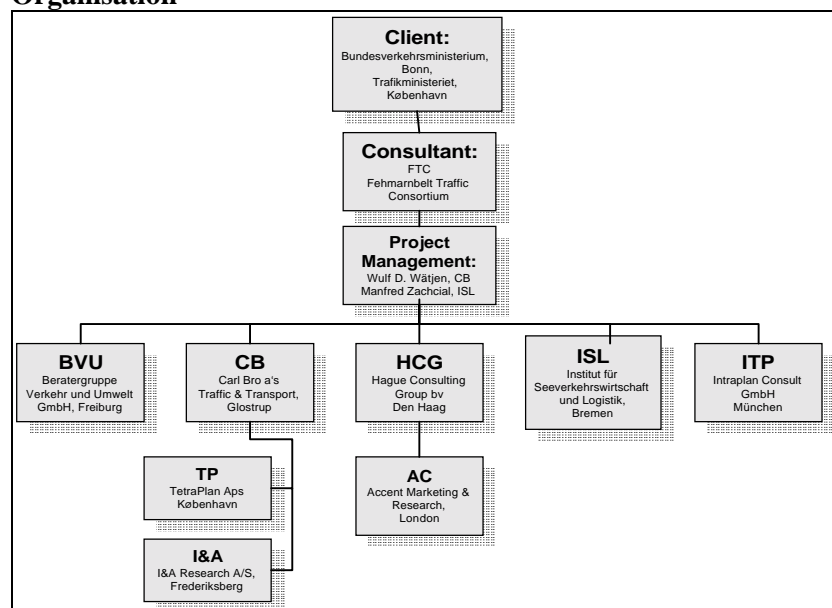
- trafikefterspørgselsprognoser,
- kyst-til-kyst-undersøgelser af de teknisk-økonomiske, de geologiske og de miljømæssige forhold,
- undersøgelser vedrørende trafikanlæg på land.

Senere påbegyndtes undersøgelser af de regionaløkonomiske konsekvenser og af den forventede virksomheds- og samfundsøkonomi.

Ideen om en fast Femerbæltforbindelse er ikke ny, og der er i 1970'erne og 80'erne blevet udført trafikprognoser for forskellige bro- og tunnelprojekter. Ingen af disse prognoser har kunnet støtte sig til nærmere analyser af den faktiske trafik; de har benyttet foreliggende statistikker for udenrigshandel, skibsfarten og trafikken med færgerne og udført fremskrivninger baseret på antagelser vedrørende overflytningen fra skib/færge til en fast forbindelse.

Det har først med det nu gennemførte arbejde været muligt at tage udgangspunkt i omfattende interviewanalyser af personrejsende og godstransportører. Gennem disse interview har det været muligt at kortlægge start-mål-relationerne, rejseformålsfordelingen, fordelingen på transportmidler og ruter og sætte disse i relation til transportudbudet samt demografiske og socioøkonomiske variabler. Tilsvarende er godsmængdernes fordeling på start og mål, transportmiddel og varegrupper blevet kortlagt. Stated preference analyseteknikken er blevet benyttet for blandt andet at afdække de rejsendes og transportørernes valgmodiver mht transportmiddel og rute, herunder af en fast forbindelse.

### Organisation



Figur 1: Projektorganisation

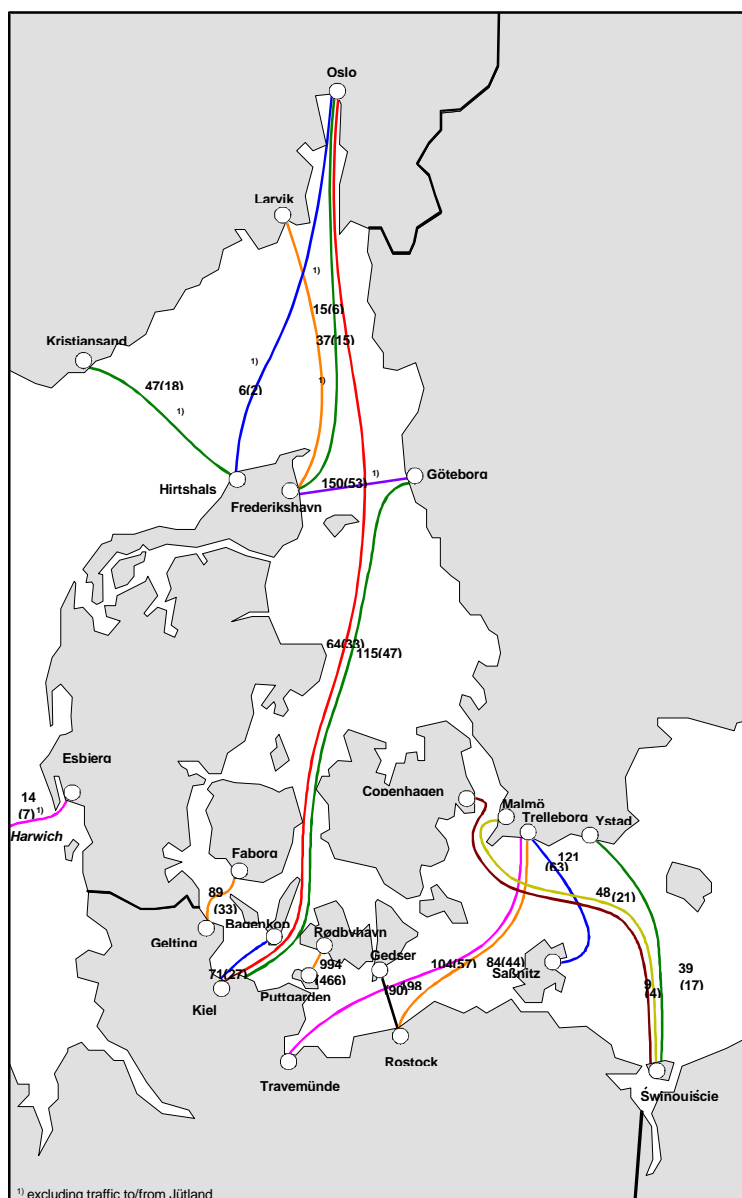
Fem rådgiverfirmaer udgjorde FTC-rådgiverkonsortiet, hvortil der var knyttet tre underrådgivere. Projektledelsen varetoges af Carl Bro as med Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik som stedfortræder.

Konsortiet refererede til de to ministerier ved fælles projektmøder; det tyske trafikministerium var penneførende. Udgifterne blev delt ligeligt mellem de to ministerier.

**Trafikanalyser**

	Persontrafik	Godstrafik
RP interview færger	13.620	1.553
RP-interview flytrafik	1.515	
RP-interview Øresund	3.538	4.123
<b>RP-interview i alt</b>	<b>18.673</b>	<b>5.676</b>
SP-interview færger	499	
SP-interview fly	306	
<b>SP-interview i alt</b>	<b>805</b>	<b>392</b>

Tabel 1: Gennemførte interview



Figur 2: Personbilfærger

Tallene viser 1.000 befordrede personbiler i 1996 (heraf biler i de tre sommermåneder)

Analyseområdet dannede et øst/vest-gående snit gennem Østersøen, Kattegat og Skagerrak fra Odermunden til Vesterhavet. Figur 2 viser de færger med personbiltransport, der indgår i persontrafik-

Trafikanalyserne bestod i RP- (revealed preference) og SP- (stated preference) interview ved færgerne og i lufthavnene.

Ved person-RP-interview benyttedes spørgeskort, der uddeltes til bilister, bus- og landgangspassagerer i færgehavnen, til togpassagerer i de internationale tog og til flypassagerer i afgangshallen i lufthavnen. RP-analysen af godstrafik blev afholdt som personlige interview af lastbilchauffører i færgehavnen.

Når der nævnes 'RP-interview Øresund', drejer det sig om interview gennemført som led i Øresundsanalysen, der foregik i samme periode.

SP-interviewene i persontrafikken kunne ligeledes gennemføres ved færger og i lufthavne. Disse interview foregik ved hjælp af bærbare pc'er. Ud over mere detaljerede spørgsmål om den aktuelle rejse omfattede disse interview nogle SP-eksperimenter, hvor interviewpersonerne skulle vælge mellem forskellige rejsemuligheder karakteriseret ved pris, tid og komfort. Heri indgik også en fast forbindelse som alternativ.

SP-interview i godstrafikken udførtes på kontoret hos speditører og vognmænd i Danmark, Sverige, Tyskland og Holland. Vægten var her lagt på transporter mellem Skandinavien og Kontinentet og på valget mellem transportmidler og ruter. Også her skulle der i SP-eksperimenter vælges mellem alternative transportmidler og ruter defineret ved blandt andet pris, tid og tidsmæssig præcision.

undersøgelsen. Tilsvarende indgår et udvalg af godsbefordrende færger. Interviewanalyserne foregik fra efterår 1995 til forår 1997.

1.000	Danmark	Sverige	Norge	Finland	I alt
Tyskland	7.366	3.795	1.360	106	12.627
V.Europa	3.243	3.655	1.382	150	8.430
Ø.Europa	358	573	157	37	1.125
I alt	10.967	8.023	2.899	293	22.182
heraf: tog	587	249	31	33	900
bil	3.206	2.813	1.169	139	7.327
fly	3.103	3.156	1.246	0	7.505
bus	1.522	1.015	295	110	2.942
landgang	2.549	790	158	11	3.508

Tabel 2: Persontrafik mellem Skandinavien og Kontinentet.  
1000 personrejser 1996

1000 t	Danmark	Sverige	Norge	Finland	I alt
Tyskland	1.965	8.392	1.296	1.700	13.353
V.Europa	1.787	6.816	1.319	706	10.628
Ø.Europa	57	298	54	155	564
I alt	3.809	15.506	2.669	2.561	24.545
heraf: bil	2.172	9.281	2.323	2.501	16.277
bane	670	5.583	316	0	6.569
banekombi	967	643	29	60	1.699

Tabel 3: Godstrafik mellem Skandinavien og Kontinentet.  
1000 t gods 1994

Godstrafiktallene i tabel 3 viser kun transport med lastbil og bane (ikke egentlig søtransport). Også her gælder, at trafik mellem det vestlige Danmark over landegrænsen ikke er medtaget, fordi det er usandsynligt, at det vil blive flyttet til en eventuel fast forbindelse over Femer Bælt. Både person- og godstrafik er defineret i start/mål-matricer med 207 zoner, der dækker hele Europa.

### Prognosemodellerne

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Vækst</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– befolkning, arbejdspladser, motorisering, BFI</li> </ul> </li> <li>• <b>Trafikmiddelvalg</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– trafikudbud per transportmiddel</li> <li>– generaliserede omkostninger</li> </ul> </li> <li>• <b>Trafiksprung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– generaliserede rejsetids-omkostninger</li> </ul> </li> <li>• <b>Rutevalg</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– trafikudbud</li> <li>– generaliserede omkostninger</li> </ul> </li> <li>• <b>Beregnet trafik</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– antal personer</li> <li>– antal personbiler</li> </ul> </li> </ul>
--

Figur 3: Persontrafikmodellens struktur

Sideløbende indsamledes den foreliggende statistik for person- og godstrafik og -transport fra de relevante kilder, og analysedata blev opregnet til det senest mulige basisår. For persontrafikken er det 1996 og for godstrafikken 1994.

Tabel 2 viser basistallene for persontrafikken. 'Danmark' betegner her og i de følgende tabeller færge- og flytrafik mellem Danmark og Kontinentet, dvs primært trafik til og fra Østdanmark. Flyrejsende er taget med t fra København, Oslo og Stockholm til destinationer inden for en afstand på ca. 1200 km, idet flytransport indgår i det omfang det kan tænkes at blive erstattet af rejser over den faste forbindelse. Derfor er der i tabellen ingen flyrejser til og fra Finland.

Persontrafikmodellen tager udgangspunkt i basismatricen, der fremskrives med en vækstmodel, i hvilken indgår de officielt foreliggende prognoser for befolkning, arbejdspladser, BFI og motorisering for de europæiske lande. Fordeling på trafikmidler og ruter samt trafiksprung beregnes efter en trinvis model, i hvilken indgår logitbaserede delmodeller.

Rutevalgsmodellen bygger på en repræsentation af vejnet, færgeforbindelser, tog-, bus- og flylinier, hvor der er taget hensyn til de i køreplanerne fastlagte omstigningsmuligheder og afgangsfrekvenser. Re-

- **Vækst**
  - vækst i produktionssektor
- **Transportmiddelvalg**
  - generaliserede omkostninger per transportmiddel
  - trafikgeneration og attraktion
- **Rutevalg**
  - trafikudbud per transportmiddel
  - generaliserede omkostninger
- **Antal køretøjer**
  - lastbiler
  - togvogne
  - antal tog

Figur 4: Godsmodellen

vil generere ekstra godstrafik. Resultatet gives i antal lastbiler, togvogne og antal godstog.

Person- og godsmodellerne er forholdsvis store og indeholder mange data, og en kørsel forudsætter, at flere af FTC-konsortiets partnere involveres. Der er desuden udviklet en forenklet version af modellerne, som kan køres på en enkelt pc. Denne er overdraget til ministerierne.

### Prognoser

- **Befolkning, arbejdspladser, BFI, motorisering**
  - nationale forudsætninger
- **Transportomkostninger**
  - person-færgetakster +10-30%
  - tog-, fly-, bustakster uændret
  - benzinpris +15%
- **Færgeplaner**
  - uændret
- **Vejnet**
  - gældendende planer
  - udvidede adgangsveje til fast forb.
- **Banenet**
  - gældendende planer for referenceprognose
  - udvidet højhastighedsbetjening i scenarier
- **Flynet**
  - frekvens + 20%

Figur 5: Prognoseforudsætninger

sultatet er givet som antal personer med de forskellige transportmidler og personbiler med de forskellige færger og den faste forbindelse i 2010.

Godsmodellen er en hierarkisk logitmodel, der også tager udgangspunkt i basismatricen. Der er ingen trafikspringsmodel for gods, fordi det viste sig, at gennemsnitstransportlængden er over 1000 km. Over disse afstande kan det forventes, at en tidsbesparelse på grund af den faste forbindelse på højst 1 time ikke

Der er udført prognoser for året 2010, både for en referencesituation med fortsat færgefart og for 3 alternative kyst-til-kyst-forbindelser: 2+4, 2+0 og 1+2, hvor det første tal angiver antal jernbanespor og det andet antal vognbaner for vejforbindelsen. 2+0 står således for en ren jernbaneforbindelse med 2 spor, hvor der forudsættes biltog for både person- og lastbiler. I alternativerne med en fast forbindelse er der forudsat en personfærge mellem Rødby og Puttgarden, som kan benyttes af indkøbs- og fornøjelsesturister.

Prognoseforudsætninger ses i figur 5. Alternativerne med fast forbindelse forudsætter, at landtilslutningerne er udbygget tilsvarende. Således forudsætter en firesporet motorvejsforbindelse fra kyst til kyst tilsvarende adgangsvej fra begge sider.

Den samlede persontrafik i snittet (tabel 4) stiger med godt 45 procent

Persontrafik 1.000 rejser/år	Basisår 1996	Referenceprognose		Scenarier 2010		
		absolut	% stign.	2+4	2+0	1+2
i alt mellem Skandinavien og Kontinentet						
Med tog	899	1.069	19%	1.874	2.277	1.619
Med bil	7.326	10.612	45%	12.002	10.862	11.798
Med bus	2.945	3.388	15%	3.619	3.369	3.590
Med fly	7.504	13.905	85%	12.905	13.054	13.116
Over landgang	3.508	3.085	-12%	2.755	2.856	2.769
<b>Rejser i alt</b>	<b>22.182</b>	<b>32.059</b>	<b>45%</b>	<b>33.155</b>	<b>32.418</b>	<b>32.892</b>
heraf over Femer Bælt						
Rail passengers	717	633	-12%	1.835	2.234	1.576
Car passengers	3.195	3.765	18%	5.792	4.220	5.590
Bus passengers	1.435	1.642	14%	2.055	1.677	2.030
Walk-on pass.	1.751	1.369	-22%	680	750	680
<b>Total passenger</b>	<b>7.098</b>	<b>7.409</b>	<b>4%</b>	<b>10.362</b>	<b>8.881</b>	<b>9.876</b>

Tabel 4: Persontrafik i alt og over Femer Bælt. 1000 personrejser i basisåret og 2010

Godstrafik 1.000 rejser/år	Basisår 1996	Referenceprognose		Scenarier 2010		
		absolut	% stign.	2+4	2+0	1+2
i alt mellem Skandinavien og Kontinentet						
Med bil	16.276	28.155	73%	28.007	27.987	28.024
Med bane	6.568	11.509	75%	11.643	11.661	11.629
Bane kombi	1.700	3.015	77%	3.029	3.031	3.027
<b>Gods i alt</b>	<b>24.544</b>	<b>42.679</b>	<b>74%</b>	<b>42.679</b>	<b>42.679</b>	<b>42.680</b>
heraf over Femer Bælt						
Med bil	3.241	5.042	56%	5.553	5.313	5.525
Med bane	3.845	9,886*	157%	10.773	10.787	10.725
<b>Gods i alt</b>	<b>7.086</b>	<b>14.928</b>	<b>111%</b>	<b>16.326</b>	<b>16.100</b>	<b>16.250</b>

Tabel 5: Godstrafik i alt og over Femer Bælt. 1000 t i basisåret og 2010. \* over Storebælt

Personbiler procent/færgekorrridor	Basisår 1996	Reference- prognose	Scenarier 2010		
			2+4	2+0	1+2
Biler med færger hhv. fast forbindelse - procent					
Norge/Sverige-Jylland	12%	11%	9%	11%	9%
Oslo-Göteborg-Tyskland	8%	8%	6%	8%	7%
<b>Femer Bælt</b>	<b>45%</b>	<b>37%</b>	<b>52%</b>	<b>41%</b>	<b>51%</b>
øvr. Danmark-Tyskland	16%	16%	12%	15%	12%
Sverige-Tyskland	14%	24%	18%	22%	18%
Danmark/Sverige-Polen	4%	4%	3%	4%	3%
I alt	100%	100%	100%	100%	100%
<b>I alt, 1.000 biler/år</b>	<b>2.191</b>	<b>3.560</b>	<b>4.379</b>	<b>3.740</b>	<b>4.269</b>

Tabel 6: Personbiltrafik mellem Skandinavien og Kontinentet fordelt på færgekorrider henholdsvis den faste forbindelse

Lastbiler procent/færgekorrridor	Basisår 1996	Reference- prognose	Scenarier 2010		
			2+4	2+0	1+2
Lastbiler med færger hhv. fast forbindelse - procent					
Norge/Sverige-Jylland	6%	7%	6%	6%	6%
Oslo-Göteborg-Tyskland	7%	6%	6%	6%	6%
<b>Femer Bælt</b>	<b>21%</b>	<b>19%</b>	<b>21%</b>	<b>20%</b>	<b>21%</b>
øvr. Danmark-Tyskland	2%	2%	2%	2%	2%
Sverige-Tyskland	57%	59%	58%	59%	58%
Danmark/Sverige-Polen	7%	7%	7%	7%	7%
I alt	100%	100%	100%	100%	100%
<b>I alt, 1.000 l.biler/år</b>	<b>1.290</b>	<b>2.260</b>	<b>2.289</b>	<b>2.287</b>	<b>2.289</b>

Tabel 7: Lastbiltrafik mellem Skandinavien og Kontinentet fordelt på færgekorrider henholdsvis den faste forbindelse

idet fly er det dominerende transportmiddel. I scenarierne med fast vejforbindelse får biltransport dog også en stor vægt. Antallet af togrejsende øges til mere end det dobbelte, mest i biltogsløsningen 2+0. Ses på Femerbælttrafikken alene, får den i referenceprognosen kun en beskedent stigning som følge af vækst i bil og bustrafikken, mens tog og landgang går tilbage.

Godstransporten (tabel 5) stiger ifølge prognoserne endnu kraftigere end persontrafik. I hele snittet stiger bil- og banetransport omtrent lige meget, mens en fast forbindelse klart er til fordel for banegodstrafik.

Biltrafikkens fordeling på færgeruter og den faste forbindelse er sammenfattet i tabel 6 og 7.

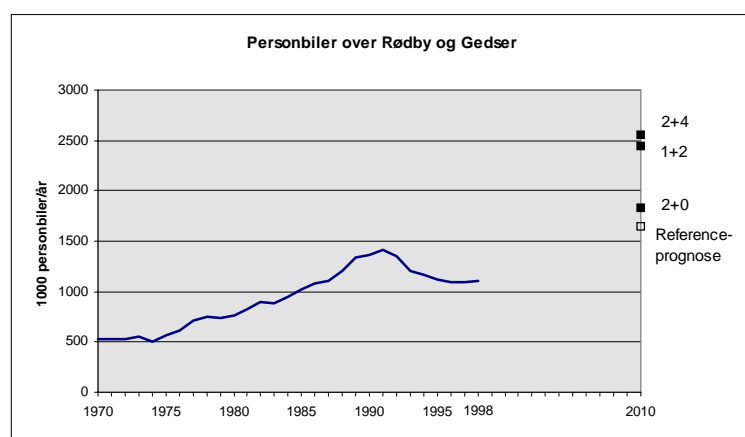
Femer Bælt vil med forsat færgefart miste en del af personbilmarkedet, og den kan kun øge sin markedsandel med en fast forbindelse. Konkurrencen er mest udtalt for ruterne mellem Sverige og Tyskland. Med den forventede stigning i den samlede personbiltrafik, vil færgetrafikken i alle korrider få en større eller mindre absolut tilgang.

For lastbiltrafikken kan Femer Bælt kun akkurat holde sin markedsandel, hvis der etableres en fast vejforbindelse. Der er i øvrigt kun små procentvise ændringer; alle færgekorrider får en betydelig trafikstigning. De svensk-tyske færger har fortsat over halvdelen af den samlede lastbiltrafik.

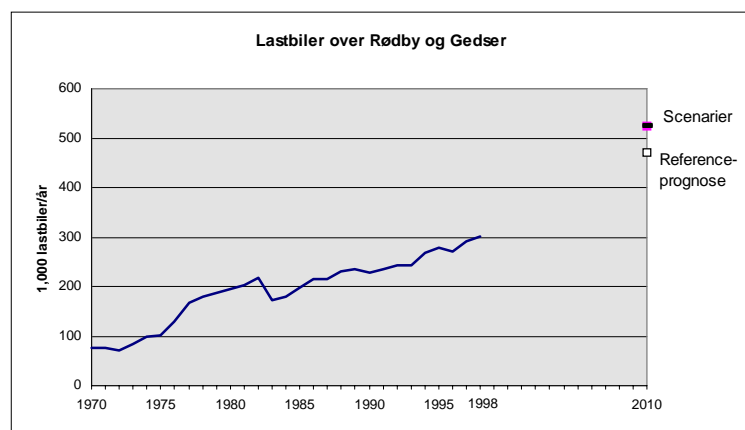
Samlet vejtrafik over Femer Bælt 1000 køretøjer/år	Basisår	Reference-	Scenarier 2010		
	1996	prognose	2+4	2+0	1+2
Personbiler	994	1.319	2.268	1.526	2.171
Busser	39	47	59	48	58
Lastbiler	272	427	481	461	479
<b>1.000 køretøjer/år</b>	<b>1.305</b>	<b>1.793</b>	<b>2.808</b>	<b>2.035</b>	<b>2.708</b>
<b>ÅDT - køretøjer</b>	<b>3.575</b>	<b>4.912</b>	<b>7.693</b>	<b>5.575</b>	<b>7.419</b>

Tabel 8: Samlet vejtrafik over Femerbælt

-8.000 biler/døgn er ikke overvældende meget, i hvert fald ikke til en firesporet motorvej. Men trafikken over Østersøen er meget sæsonpræget med en stor overvægt om sommeren. Som det ses på figur 2, udgør personbiltrafikken i sommermånederne juni, juli og august på en del færgef forbindelser op mod halvdelen af hele årets trafik. Med den for scenarierne beregnede årstrafik vil sommerdøgntrafikken på den faste forbindelse ligge på mellem 12.000 og 13.000 køretøjer/døgn i gennemsnit.



Figur 6: Udviklingen i personbiltrafikken med færgerne fra Rødby og Gedser siden 1970 samt prognoserne for 2010



Figur 7: Udviklingen i lastbiltrafikken med færgerne fra Rødby og Gedser siden 1970 samt prognoserne for 2010

Den beregnede samlede vejtrafik over Femer Bælt ses i tabel 8. I forhold til 1996 beregnes lidt over en fordobling i scenarierne med fast vejforbindelse.

Nederst i tabellen er trafikken opgjort i antal køretøjer/årsdøgn. 7.000

Figur 6 og 7 viser den hidtidige trend i trafikudviklingen med Tysklandsfærgerne fra Rødby og Gedser. Personbiltrafikken har haft en stærk nedgang siden 1991, hvilket kan have flere årsager. Jerntæppets fald skabte umiddelbart megen ny trafik til de tidligere COMECON-lande, men pga. den økonomiske tilbagegang faldt denne trafik hurtigt igen. Sverige og Finland havde lavkonjunktur i 1. halvdel af 90'erne samtidig med, at flytrafikken fik et kraftig opsving, særligt i forbindelse med ferierejser. Alt tyder på, at udviklingen er vendt, hvilket kommer til udtryk i de økonomiske forventninger, der ligger til grund for prognoserne.

Lastbiltrafikken har ikke i de senere år haft den samme nedgang som personbilerne, og prognoserne synes at fortsætte de sidste 15 års trend.

### Afslutning

Sammenlignet med den konstaterede trafik over Storebælt efter åbning af den faste forbindelse og med prognoserne for trafikken over Øresund

er den beregnede trafikefterspørgsel på en fast Femerbæltforbindelse mere beskedet. Det er dog vigtigt at gøre sig klart, at de tre forbindelser er helt forskellige med hensyn til, hvilke opgaver de løser og hvilke mekanismer der styrer trafikefterspørgselen. Således spiller blandt andet konkurrencen fra de mange færgeruter i området en betydelig rolle. De foreliggende prognoser for Femer Bælt repræsenterer kun et lille udvalg af det store spektrum af scenarier, som med rimelighed kunne afprøves.

### Sammenfatning:

Blandt en række tekniske undersøgelser vedrørende en mulig fast forbindelse over Femer Bælt var en undersøgelse af trafikunderlaget. Et internationalt rådgiverkonsortium under Carl Bro's ledelse har stået for dette arbejde, der blev udført for det danske og det tyske trafikministerium. Projektet bestod i gennemførelse af omfattende analyser af trafikken mellem Skandinavien og Kontinentet, opstilling af trafikberegningsmodeller og udarbejdelse af prognoser for både person- og godstrafikken i 2010 for fortsat færgefart og med forskellige udformninger af den faste forbindelse over Femer Bælt.

**Forfatter:**

Chefrådgiver Wulf D. Wätjen, Carl Bro as, afdelingen for trafik og transport.

**Nøgleord - dansk:**

Trafikmodeller, persontrafik, godstrafik, international trafik, store infrastrukturprojekter.

**Key words - english:**

Transport models, passenger traffic, freight traffic, international traffic, large infrastructure projects.

**Session:**

Trafikmodeller.

**År:**

1999.