Notat

Projekt:	Femer bælt 99	
Sag:	Miljøberegninger for Femer bælt projekt	
Til:	Trafikministeriet	
Fra:	Morten Steen Petersen, Goran Jovicic	18 maj 2000

1 Indledning

Dette notat beskriver udvalgte miljøeffekter som følge af åbning af en fast forbindelse over Femer bælt. De udvalgte miljøeffekter omfatter emissioner af CO_2, CO, HC, NO_x ,SO_2 og partikler. Beregningerne er udført for både passager- og godstrafik for år 2010 og resultaterne opgøres for 2 forskellige scenarier:

- Referencescenariet uden den faste forbindelse (Referencescenarie 2010)
- 2+4 scenariet, dvs. en fast forbindelse med dobbeltsporet jernbane og motorvej.

Miljøeffekterne er anskuet på to forskellige måder. I afsnit 3 og 4 beskrives miljøbelastningen for enkeltture mellem 3 par byer: København-Hamburg, Stockholm–Berlin og Göteborg–Düsseldorf. Disse miljøbelastninger er angivet for én person, der rejser med henholdsvis bil, bus, tog eller fly. For godstrafik er miljøbelastningerne angivet for et tons gods, som transporteres på henholdsvis vej og bane. Miljøbelastningerne for bane er udregnet for såvel diesel- som elgodstog. Afsnit 3 beskriver miljøbelastningen for persontrafik, mens afsnit 4 giver resultaterne fra godstrafikken.

I notatets afsnit 5 er ændringen i de samlede emissioner for trafikken mellem Skandinavien og Kontinentet som følge af etablering af en fast forbindelse via Femer bælt vurderet.

De anvendte forudsætninger for beregningerne er beskrevet i afsnit 2.

Hovedkonklusionen af beregningerne er, at etablering af en fast forbindelse vil medføre en mindre miljømæssig påvirkning i 2010 end et alternativ baseret på fortsat færgedrift. Dette skyldes helt overvejende en reduktion af emissioner hidrørende fra færgeruten Rødby-Puttgarden samt en reduktion i omfanget af flytrafik mellem Skandinavien og Kontinentet. Der sker en stigning i emissioner hidrørende fra biler og tog, men den stigning er langt mindre end det ovenfor nævnte fald i emissioner.

Det overordnede billede kan genfindes i analysen af emissioner i forbindelse med rejser mellem de enkelte bypar. Også her viser det overordnede billede at etablering af en fast forbindelse over Femer Bælt har en væsentlig indflydelse, der dog aftager jo længere omvejskørslen i forbindelse med Femer Bælt turen er. Men selv på ruten Stockholm – Berlin viser beregningerne at det er en miljømæssig fordel at rejse via den faste forbindelse.

2 Forudsætninger for beregninger

De gennemførte miljøberegninger sigter mod at give et oversigtligt billede af miljøkonsekvenserne af en fast forbindelse via Femer bælt.

Miljøberegningerne er baseret på en række forudsætninger af trafikal og miljømæssig art. De fleste forudsætninger stammer fra officielle kilder, mens ganske få forudsætninger, primært vedr. godstransport er baseret på udredningsarbejder gennemført af TetraPlan.

TetraPlan • Kronprinsessegade 46E • 1306 København K • Telefon 33 73 71 00 • Telefax 33 73 71 01
E-mail: tetraplan@tetraplan.dk • Homepage: www.tetraplan.dk • SE: 18159708

Helt overordnet er de trafikale forudsætninger så vidt muligt baseret på de analyseresultater og prognoseresultater, der kan udledes af trafikanalyserne på Femer Bælt samt de efterfølgende prognoseberegninger. Udgangspunktet har været de officielle prognoser udarbejdet af Fehmarn Belt Traffic Consortium (FTC). Disse analyser og beregninger er blevet suppleret med data vedrørende kapacitetsudnyttelse af forskellige transportmidler, indsamlet bl.a. i forbindelse med Transportrådets projekt: Godstransportkæders omkostninger og miljøbelastning.

På det miljømæssige område har udgangspunktet været den seneste version af TEMA-modellen, TEMA-2000. Anvendelsen af resultaterne fra denne model har medført, at emissioner for de forskellige transportmidler er baseret på så nyt et grundlag som overhovedet muligt. Ved anvendelse af TEMA-2000 har det også været muligt at inddrage fremtidsforventninger, idet der allerede nu foreligger normer som bl.a. bilindustrien skal efterleve i år 2010. Disse normer er anvendt dels i analysen af transporter mellem bypar, dels er de anvendt ved beregning af ændring i emissionsniveauer som følge af en fast forbindelse.

Det skal dog nævnes, at der ikke foreligger fremtidige normer for alle transportmidler. I de tilfælde hvor der ikke foreligger sådanne, blandt andet for færger, er der i nærværende notat anvendt oplysninger om eksisterende færgers emissionsforhold. Dette medfører, at færgerne umiddelbart er ringere stillet i emissionsmæssig henseende, i de sammenligninger mellem forskellige ruter, der er gennemført i afsnit 3 og 4. Til gengæld har det ingen umiddelbar effekt på beregningsresultaterne i afsnit 5 af de samlede ændringer af emissionsniveauer, da der her er tale om en sammenligning mellem en situation henholdsvis uden og med fast forbindelse i 2010. Den eneste færgemæssige forskel mellem de to situationer er nedlæggelsen af færgedriften mellem Rødby og Puttgarden.

Enkelte af de miljømæssige beregninger for godstransport kan ikke gennemføres ved hjælp af TEMA-2000. Udgangspunktet for disse har derfor været resultaterne fra projektet: Godstransportkæders omkostninger og miljøbelastning.

2.1 Trafikale forudsætninger

1. Beregningerne er baseret på trafiktal fra FTCs passager- og godsmodel. Det drejer sig om antal personture, personbilture, lastbilture og godstogture. Trafiktallene fremgår af FTC's hovedrapport fra januar 1999 (Traffic Demand Study – Final report).

   Disse tal har desuden været bearbejdet af Planco med henblik på at gennemføre samfundsøkonomiske konsekvenser af anlæg af en fast forbindelse. Resultaterne af denne bearbejdning er blevet stillet til rådighed for nærværende projekt, og har dannet baggrund for at fastlægge ændringerne i antal togkm og antal flykm ved anlæg af en fast forbindelse. På dette område har Planco gjort nogle andre antagelser end der er anført som baggrund for FTCs prognoseberegninger.

2. Sejltider samt sejlfrekvenser opdelt på konventionelle færger og hurtigfærger stammer fra FTCs hovedrapport vedr. trafikundersøgelserne. Tabel 2.1 viser sejltider og sejlfrekvenser på ruterne. Hurtigfærger er markeret ved FF (fast ferry).

3. Sejlafstand for færgeruter og færgekapaciteter er fundet i 'ShipPax Statistics 99'. Sejlafstand for færgeruterne er vist i tabel 2.1.

4. Der indgår to hurtigfærgeruter i beregningerne. Disse er Trelleborg-Rostock og Trelleborg-Sassnitz ruterne. 'ShipPax Statistics 99' har statistik for Trelleborg-Rostock hurtigfærgen ('Delphin'). Det er derfor forudsat at Trelleborg-Sassnitz hurtigfærgen har samme karakteristikker som 'Delphin'.

5. Omregningen for bus, lastbil og tog til personbilenheder (PE) er baseret på følgende omregningsfaktorer:

bus = 4 PE

lastbil = 6 PE

togvogn = 6 PE.

Omregningsfaktorerne stammer fra Transportrådets projekt om transportkæder (kilde: Transportrådets notat nummer 99-01 fra juli 1999).

Færgeruter	Sejltid (min)	Sejlfrekvens i én retning	Sejlafstand (km)
Rødby-Puttgarden	45	44	18.5
Gedser-Rostock FF	70	4	46
Gedser-Rostock	120	4	46
Trelleborg-Rostock FF	165	7	154
Trelleborg-Rostock	420	7	154
Trelleborg-Travemünde	430	4	215
Oslo-Kiel	1140	1	700
Göteborg-Kiel	840	1	402
Hirtshals-Kristiansand FF	145	3	123
Frederikshavn-Larvik	580	1	191
Frederikshavn-Göteborg FF	110	6	80
Trelleborg-Sassnitz FF	120	7	100
Trelleborg-Sassnitz	225	2	100
Ystad-Swinoujscie	405	3	175
Faaborg-Gelting	120	3	40
Bagenkop-Kiel	150	2	62

Tabel 2.1 – Færge karakteristika

6. Beregningerne der er gennemført i afsnit 3 og 4, er baseret på, at miljøbelastninger på færger beregnes pr. PE. Det er forudsat, at færgerne på de enkelte ruter har den samme gennemsnitlige belastning i 2010 som i 1998. Tabel 2.2 viser den gennemsnitlige belastning på ruterne i 1998 (tallene stammer fra 'ShipPax Statistics 99'). Denne forudsætning indebærer, at kapaciteten på de enkelte færgeruter tilpasses til trafikken, således at kapacitetsudnyttelsen fortsat er den samme. Specielt i scenariet 2+4 vil det medføre, at færgetrafikken på visse ruter skal reduceres en del. En sådan udtynding af færgetrafikken vil medføre, at der principielt skal gennemføres nye prognoseberegninger, for at få effekten af det reducerede udbud med i trafikprognoserne. Sådanne beregninger er imidlertid ikke gennemført.

   For beregningerne af den samlede effekt på emissioner og energiforbrug af en fast forbindelse, der er beskrevet i afsnit 5, er trafikprognosernes forudsætning om den samme trafikering på de enkelte ruter i samtlige scenarier fastholdt. Det betyder, at der er en lille forskel på de to beregningsmetoder anvendt i afsnit 3 og 4, respektive afsnit 5. Nettoresultatet er at de samlede emissioner og energiforbrug (afsnit 5) vurderes lidt for højt i 2+4 scenariet, hvilket betyder at den besparelse i emissioner og energiforbrug en fast forbindelse giver anledning til undervurderes en smule.

Færgeruter	Gennemsnitlig belastning på færger i %
Rødby-Puttgarden	29
Trelleborg-Rostock FF	65
Trelleborg-Rostock	65
Trelleborg-Sassnitz FF	76
Trelleborg-Sassnitz	76
Trelleborg-Travemünde	88
Göteborg-Kiel	88

Tabel 2.2 – Forudsat kapacitetsudnyttelse på færger i 2010.

7. Der er forudsat 6 vogne pr. passagertog (2 togsæt).
8. 31 passagerer er forudsat i gennemsnit pr. bus. Denne forudsætning er baseret på trafikundersøgelserne i forbindelse med Femer bælt trafikmodellen.
9. 80 passagerer er forudsat i gennemsnit pr. flyrejse. Denne forudsætning er baseret på TEMA-2000 modellen, og gælder for fly af typen B-737.
10. Der er forudsat 25 vogne pr. godstog.

2.2 Miljømæssige forudsætninger

11. TEMA-2000 har været udgangspunktet for hovedparten af de anvendte emissionsfaktorer. TEMA-2000 indeholder emissionsfaktorer der gælder for dagens situation, og for visse transportmidler også faktorer, der forventes at gælde i 2010. De miljømæssige beregninger er derfor gennemført baseret på såvel dagens situation som baseret på en forventet 2010-situation. Som nævnt indledningsvist giver dette en miljømæssig fordel til de transportmidler for hvilke, der er fastlagt fremtidige normer (bil).
12. Beregningerne er gennemført under forudsætning af, at den gennemsnitlige personbil i dag såvel som i 2010 er benzindreven. Ved hjælp af TEMA-2000 modellen er emissionsfaktorerne tilpasset kørselsmønster: ”land”. Tallene er præsenteret i tabel 2.3. De anvendte busser er fjernbusser, baseret på en EURO II motor i dag og en EURO IV motor med katalysator og filter i 2010.

	CO_2 kg/km	CO g/km	HC g/km	NO_x g/km	SO_2 g/km	Partikler g/km
EURO II, 1,4-2 l	0,1854	1,4514	0,05154	0,1861	0,00606	0,01005
EURO IV, 1,4-2 l	0,1854	0,5665	0,02083	0,0537	0,00606	0,01005
EURO II fjernbus	0,8150	0,3210	0,3524	6,8125	0,0262	0,1945
EURO IV fjernbus	0,8232	0,0198	0,0530	3,6244	0,0264	0,0019

Tabel 2.3 - Emissionsfaktorer 2000 (Euro II)og 2010 (Euro IV)for personbil og bus

Det skal understreges, at der ikke eksisterer normer for CO2 udslip, men også at der eksisterer en aftale mellem EU og bilproducenterne om at reducere CO2-udslippet fra nye biler i 2008. Dette forhold er ikke medtaget i TEMA-2000 og er derfor heller ikke medtaget i nærværende notat. Det skal ligeledes understreges, at de anførte EURO IV normer først er gældende fra 2010, hvilket betyder, at deres effekt formentlig først er fuldt synlig i 2020.

13. For jernbanen er det forudsat, at alle passsagertog i drift i 2010 mellem Skandinavien og Europa vil være af ER typen, dvs. elektrisk traktion. Forudsætningen er ikke helt realistisk, idet ER er et en-strøms lokomotiv, mens de internationale tog vil skulle fremføres med to-strøms lokomotiver. De anvendte emissionsfaktorer for ER tog med 2 togsæt er præsenteret i tabel 2.4. Udgangspunktet har været TEMA-2000 hvor emissionsberegningerne er baseret på energistyrelsens metode. Det skal nævnes, at også DSB har forsynet projektet med emissionstal, og at forskellen mellem de to talsæt er mindre end 1%. Af hensyn til den tætte kobling til TEMA-2000 er det valgt at arbejde videre med TEMA-2000 tallene.

    Det noteres, at emissioner er beregnet på grundlag af danske kraftværkers produktion af el, og at der derfor indgår betydelige forurenende elementer, såsom kul og olie. Elforsyning i Sverige er i højere grad baseret på vandkraft og atomenergi, hvorfor forureningselementet i den svenske el er væsentligt mindre. Dette afspejles blandt andet i emission af svovloxider.

	CO_2 Kg/togkm	CO g/togkm	HC g/togkm	NO_x g/togkm	SO_2 g/togkm	Partikler g/togkm
ER	5,87	3,99	0,35	12,26	11,23	0,33

Tabel 2.4 - Emissionsfaktorer for ER tog (2 togsæt) baseret på energistyrelsens beregningsmetode.

14. For lufttrafikken er det forudsat, at fly af typen B-737 vil være i drift mellem Skandinavien og Europa i 2010. Emissionsfaktorer for B-737 er beregnet i TEMA-2000 modellen og er præsenteret i tabel 2.5. Det skal bemærkes, at flyrejsen er delt i tre faser: take-off, cruise og landing. Emissionerne er beregnet for hver fase. I beregningerne der indgår i afsnit 3, er det forudsat, at de totale emissioner er ens for take-off og landing for hver tur (København-Hamburg, Stockholm–Berlin og Göteborg–Düsseldorf), mens cruise-afstand ganges med emissionsfaktorer fra tabellen.

	CO_2 kg/km	CO g/km	HC g/km	NO_x g/km	SO_2 g/km	Partikler g/km
B-737	9,55	20,98	2,49	32,01	0,61	0,00

Tabel 2.5 - Emissionsfaktorer for B-737 under cruisefart

    I forbindelse med de samlede emissioner, der er beregnet i afsnit 5, forudsættes det at emissioner pr. flykm er konstant, dvs. at når antallet af flykm reduceres i 2+4 scenariet, reduceres energiforbrug og emissioner tilsvarende. Da overflytning af passagerer fra fly til landbaserede transportmidler imidlertid primært finder sted på de korteste flyture, vil de stærkt energiforbrugende delture, take-off og landing, udgøre en større del af den samlede tur, hvilket betyder at reduktionen i energiforbrug og emissioner som følge af passageroverflytning til andre transportmidler faktisk vil være større end nærværende beregninger leder frem til.

15. For færgetrafikken er energiforbrug og emissioner for såvel de konventionelle færger som hurtigfærgerne fastlagt med udgangspunkt i de baggrundsnotater, der knytter sig til TEMA-2000. Der er taget udgangspunkt i statistiske data for færgers energiforbrug, servicefart og størrelse. For hver færge er energiforbruget beregnet i MJ pr personbilenhed pr km ved en gennemsnitlig servicefart og med en belægningsprocent på 100%.

    For konventionelle færger med en kapacitet på 250-500 personbilenheder er denne parameter i størrelsesordenen 7-8 MJ/PE/km. For mindre færger med

en kapacitet på ca.150 personbilenheder er energiforbruget ca. 8.5 MJ/PE/km.

For passagerfærger med dag/nat aptering er der regnet med et noget højere energiforbrug (8,4 MJ/PE/km) end for dag-færger med samme kapacitet.

Hurtigfærger har et i forhold til kapaciteten væsentligt højere energiforbrug. Som repræsentanter for de forskellige typer af hurtigfærger er anvendt "Delphin", som sejler på ruten Trelleborg-Rostock. Der er tale om en hurtigfærge med en kapacitet på 175 PE. Energiforbruget for denne færgetype er beregnet til 17,0 MJ/PE/km ved 100% udnyttelse.

Emissionerne vist i tabel 2.6 er baseret på medium speed motorer og dieselolie med et svovlindhold på 0,5%.

	CO_2 g/MJ	CO g/MJ	HC g/MJ	NO_x g/MJ	SO_2 g/MJ	Partikler g/MJ
Medium speed	74	0,20	0,061	1,47	0,244	0,024

Tabel 2.6 - Emissionsfaktorer for færger (medium speed motorer. Dieselolie med 0.5% svovlindhold)

16. Der er forudsat to typer godstog: diesel- og eltog. Godstog består af 25 lange vogne, hvilket medfører at godstogslasteevnen er 1250 tons. For at tage højde for tomkørsel og for at vognkapaciteten ikke kan udnyttes 100%, er det forudsat, at kapacitetsudnyttelsen er 40% (kilde: Transportrådets notat Godstransportkæders omkostninger og miljøbelastning), hvilket medfører en brugerlast i togene på 500 tons og en vægt på krogen på 1050 tons. Emissionerne er vist i tabel 2.7.

	CO_2 g/tonkm	CO g/tonkm	HC g/tonkm	NO_x g/tonkm	SO_2 g/tonkm	Partikler g/tonkm
Dieseltog	23,32	0,0541	0,0131	0,4165	0,0005	0,0141
Eltog	23,76	0,0162	0,0014	0,0496	0,0455	0,0013

Tabel 2.7 - Emissionsfaktorer for diesel- og elgodstog

17. For lastbil er emissionsberegningerne baseret på et internationalt vogntog med en samlet vægt på 40 tons, og en tilhørende lasteevne på 24 tons. For at tage højde for tomkørsel og at lastbilens kapacitet ikke er udnyttet 100% på alle ture, har Transportrådets analyse vedrørende godstransportkæders miljøbelastning ledt frem til, at kapacitetsudnyttelsen af lastbiler i den internationale trafik er ca. 70%. Det medfører en brugerlast i lastbilerne på 17 tons. Da den internationale 40 tons lastbil ikke er en af TEMA-2000 modellens referencebiler, er emissionsfaktorer for denne biltype blevet bestemt ved at kombinere oplysningerne i TEMA-2000 med oplysningerne fra Transportrådets godstransportkædeprojekt. De resulterende emissioner er vist i tabel 2.8.

Det skal nævnes at emissionen af HC og partikler kan bestemmes på forskellig måde, og at de foreliggende tal angiver et af flere mulige bud på den fremtidige emission af disse stoffer.

	CO_2 kg/km	CO g/km	HC g/km	NO_x g/km	SO_2 g/km	Partikler g/km
STV, 40 tons EU-RO II	0,92	0,54	0,27	9,00	0,30	0,07
STV, 40 tons EU-RO IV	0,81	0,21	0,10	4,90	0,026	0,03

Tabel 2.8 - Emissionsfaktorer 2000 (EURO II) og 2010 (EURO IV) for lastbil

Emissioner for EURO II bilerne er baseret på letdiesel og ingen katalysator/filter. EURO IV bilerne er baseret på lavSvovl diesel og anvendelse af katalysator/filter.

3 Analyse af emissioner for persontransport ved forskellige trafikmiddelvalg og rutevalg for udvalgte bypar.

I det følgende er der gennemført beregninger af emissioner for forskellige trafikmiddelvalg og rutevalg ved transport mellem udvalgte bypar. Beregningerne er gennemført for 1 person, der rejser imellem de udvalgte bypar. Følgende bypar er blevet udvalgt:

København-Hamburg

Stockholm–Berlin

Göteborg–Düsseldorf

Beregningerne er baseret på, at turen kan gennemføres i bil, bus, tog og fly. For flere af de nævnte bypar eksisterer der alternativer ruter for biltrafikken. De valgte ruter er dem, der er vurderet som de mest realistiske.

Samtlige bil- og togruter er afhængige af enten brug af færge eller brug af en eller flere af de faste forbindelser, Storebælt, Øresund og/eller Femer bælt. Følgende færgeruter er inddraget i beregningerne.

- Rødby-Puttgarden, konventionel færge,
- Trelleborg-Rostock, hurtigfærge,
- Trelleborg-Sassnitz, hurtigfærge,
- Trelleborg-Travemünde, konventionel færge og
- Göteborg-Kiel, konventionel færge.

Emissioner ved de forskellige trafikmiddelvalg og rutevalg beregnes som sagt pr. person. Det forudsætter imidlertid viden om antallet af passagerer, der i gennemsnit benytter de forskellige transportmidler.

Baseret på Femer bælt undersøgelserne kan antallet af personer pr. personbil fastlægges til i gennemsnit 3,1 på alle ruter. Tilsvarende er antallet af passagerer pr. bus målt til 31 personer.

Med hensyn til togtrafikken er der antaget 300 personer pr. tog, svarende til en kapacitetsudnyttelse på ca. 70%. Desuden er der i overensstemmelse med TEMA-2000 forudsat 80 flypassagerer pr. flyrejse (kapacitetsudnyttelse på 70%). Antal passagerer pr. transportmiddel er anført i parentes i tabellerne nedenfor. Hurtigfærger er markeret ved FF (fast ferry).

Udgangspunktet for emissionsberegningerne er de for 2010 forventede emissionsfaktorer for de forskellige transportmidler.

Resultatet af beregningerne understreger, at for de tre udvalgte bypar er den miljømæssigt bedste løsning, uanset hvilket af de landbaserede transportmidler der vurderes, at rejse via den faste forbindelse over Femer bælt. Så snart der indeholdes et element af færgesejlads i transporten, overskygger dette element helt evt. besparelser i form af kortere kørselsstrækninger på land. Der kan faktisk køres betydelige omvejskørsler førend færgernes ekstra miljøbelastning er kompenseret.

3.1 København–Hamburg

Tabellerne 3.1 og 3.2 viser miljøbelastninger for referencescenariet og 2+4 scenariet for én person på en rejse mellem København og Hamburg i bil, bus, tog og fly.

Personbilturen mellem København og Hamburg er ca. 140 km længere via Storebælt end via Rødby-Puttgarden, men den rejse giver alligevel mindre miljøbe-

lastninger i referencescenariet end rejsen med personbil via Rødby-Puttgarden. Årsagen er, at miljøbelastninger der kan tilskrives færgen, er større end de emissioner, der er forbundet med ekstrakørslen.

2+4 scenariet viser en klar miljøfordel ved at rejse via den faste Femer bælt forbindelse. Der spares over 10 kg CO_2 pr. person pr. biltur på Rødby-Puttgarden med den faste forbindelse i forhold til referencescenariet (et fald på over 40%). Det svarer til over 30 kg CO_2 pr. personbil pr. tur. Både bus- og togture giver betydelig mindre emissioner på Rødby-Puttgarden med den faste forbindelse end med færgen.

		CO_2 kg	CO g	HC G	NO_x g	SO_2 g	Partikler g
Bil (3,1)	Rødby-Puttgarden	30,2	87,6	11,3	227,3	37,5	4,7
	Storebælt	28,0	85,7	3,2	8,1	0,9	1,5
Tog (300)	Rødby-Puttgarden	10,4	15,2	3,8	95,5	25,6	1,7
	Storebælt	9,2	6,2	0,5	19,2	17,6	0,5
Bus (31)	Rødby-Puttgarden	12,9	12,0	4,2	125,8	15,0	1,5
	Storebælt	12,5	0,3	0,8	54,8	0,4	0,0
Fly (80)		68,5	150,5	17,9	236,8	4,4	0,0

Tabel 3.1 – Turen mellem København og Hamburg i referencescenarie 2010

		CO_2 kg	CO g	HC G	NO_x G	SO_2 g	Partikler g
Bil (3,1)	Rødby-Puttgarden	20,1	61,4	2,3	5,8	0,7	1,1
	Storebælt	28,0	85,7	3,2	8,1	0,9	1,5
Tog (300)	Rødby-Puttgarden	6,6	4,5	0,4	13,7	12,6	0,4
	Storebælt	9,2	6,2	0,5	19,2	17,6	0,5
Bus (31)	Rødby-Puttgarden	8,9	0,2	0,6	39,3	0,3	0,0
	Storebælt	12,5	0,3	0,8	54,8	0,4	0,0
Fly (80)		68,5	150,5	17,9	236,8	4,4	0,0

Tabel 3.2 – Turen mellem København og Hamburg i 2+4 scenariet

3.2 Stockholm-Berlin

Tabellerne 3.3 og 3.4 viser miljøbelastninger for referencescenariet og 2+4 scenariet for én person på en rejse mellem Stockholm og Berlin i bil, bus, tog og fly. Fire mulige ruter for personbil- og bustransport er analyseret for dette bypar: Rødby-Puttgarden, Storebælt, Trelleborg-Rostock (hurtigfærge) og Trelleborg-Sassnitz (hurtigfærge).

Turen via Storebælt er ca. 230 km længere end turen via Rødby-Puttgarden, men i referencescenariet medfører den alligevel en mindre miljøbelastning for både bil- og togrejser. Ruterne via Trelleborg-Rostock og Trelleborg-Sassnitz er kortere end ruten via Rødby-Puttgarden. Alligevel er miljøbelastningerne betydelig højere for rejser med bil og bus via de to ruter på grund af hurtigfærgernes store miljøbelastninger. Miljøbelastningerne, der knytter sig til Trelleborg-Rostock, er større end miljøbelastningerne fra Trelleborg-Sassnitz ruten på grund af længere sejlafstand. Flytrafikken medfører det største energiforbrug pr. transporteret passager i begge scenarier.

CO_2-belastning pr. bilpassager via Rødby-Puttgarden falder 13% ved etablering af en fast forbindelse. Både bil-, bus- og togtrafikken over den faste Femer bælt forbindelse giver de mindste miljøbelastninger indenfor de respektive trafikmiddelkategorier.

		CO_2 kg	CO g	HC g	NO_x g	SO_2 g	Partikler g
Bil (3,1)	Rødby-Puttgarden	78,2	234,4	16,7	241,2	39,0	7,3
	Storebælt	76,1	232,5	8,5	22,0	2,5	4,1
	Trelleborg-Rostock FF	146,3	408,0	84,7	1919,0	318,0	33,8
	Trelleborg-Sassnitz FF	106,3	303,0	50,0	1075,3	177,8	20,2
Tog (300)	Rødby-Puttgarden	26,1	25,9	4,7	128,3	55,6	2,6
	Storebælt	24,9	16,9	1,5	52,0	47,6	1,4
Bus (31)	Rødby-Puttgarden	34,2	12,6	5,6	219,7	15,7	1,5
	Storebælt	33,8	0,8	2,2	148,7	1,1	0,1
	Trelleborg-Rostock FF	60,7	102,2	33,1	860,2	127,2	12,5
	Trelleborg-Sassnitz FF	44,8	57,1	19,1	527,3	71,2	7,0
Fly (80)		103,4	227,4	27,0	357,7	6,6	0,0

Tabel 3.3 – Turen mellem Stockholm og Berlin i referencescenariet 2010

		CO_2 kg	CO g	HC g	NO_x g	SO_2 g	Partikler g
Bil (3,1)	Rødby-Puttgarden	68,1	208,2	7,7	19,7	2,2	3,7
	Storebælt	76,1	232,5	8,5	22,0	2,5	4,1
	Trelleborg-Rostock FF	146,3	408,0	84,7	1919,0	318,0	33,8
	Trelleborg-Sassnitz FF	106,3	303,0	50,0	1075,3	177,8	20,2
Tog (300)	Rødby-Puttgarden	22,3	15,1	1,3	46,5	42,6	1,3
	Storebælt	24,9	16,9	1,5	52,0	47,6	1,4
Bus (31)	Rødby-Puttgarden	30,2	0,7	1,9	133,2	1,0	0,1
	Storebælt	33,8	0,8	2,2	148,7	1,1	0,1
	Trelleborg-Rostock FF	60,7	102,2	33,1	860,2	127,2	12,5
	Trelleborg-Sassnitz FF	44,8	57,1	19,1	527,3	71,2	7,0
Fly (80)		103,4	227,4	27,0	357,7	6,6	0,0

Tabel 3.4 – Turen mellem Stockholm og Berlin i 2+4 scenariet

3.3 Göteborg – Düsseldorf

Tabellerne 3.5 og 3.6 viser miljøbelastninger for referencescenariet og 2+4 scenariet for én person på en rejse mellem Göteborg og Düsseldorf i bil, bus, tog og fly. Fem ruter blev valgt for denne beregning: Rødby-Puttgarden, Storebælt, Trelleborg-Rostock (hurtigfærge), Trelleborg-Travemünde og Göteborg-Kiel.

Bil- og busture via Trelleborg-Rostock give de største miljøbelastninger på grund af store emissioner fra hurtigfærgen. Rødby-Puttgarden ruten giver en større belastning pr. person i både bil, bus og tog end ruten via Storebælt i referencescenariet. Det skyldes, at miljøbelastningerne der kan tilskrives færgedriften, er større end de miljøbelastninger der kan tilskrives omvejskørslen via Storebælt, i alt ca. 140 km. Færgen på ruten Göteborg-Kiel kan transportere op til ca. 800 PE (færgen 'Prinsesse Ragnhild'). Færgen medfører store miljøbelastninger, som medvirker til at emissionerne pr. person i både bil og bus er store.

		CO_2 kg	CO g	HC g	NO_x g	SO_2 g	Partikler g
Bil (3,1)	Rødby-Puttgarden	69,3	207,3	15,7	238,6	38,7	6,8
	Storebælt	67,2	205,4	7,6	19,5	2,2	3,6
	Trelleborg-Rostock FF	147,4	411,4	84,9	1919,3	318,0	33,9
	Trelleborg-Travemünde	87,5	250,3	39,7	846,8	139,9	16,1
	Göteborg-Kiel	121,0	332,5	78,8	1826,9	303,0	31,3
Tog (300)	Rødby-Puttgarden	23,2	23,9	4,6	122,2	50,1	2,4
	Storebælt	22,0	14,9	1,3	45,9	42,1	1,2
Bus (31)	Rødby-Puttgarden	30,3	12,5	5,3	202,4	15,6	1,5
	Storebælt	29,8	0,7	1,9	131,4	1,0	0,1
	Trelleborg-Rostock FF	61,2	102,2	33,1	862,4	127,3	12,5
	Trelleborg-Travemünde	37,0	45,0	15,1	422,4	56,0	5,5
	Göteborg-Kiel	49,7	97,4	31,0	784,9	121,2	11,9
Fly (80)		166,3	365,6	43,4	575,2	10,6	0,0

Tabel 3.5 – Turen mellem Göteborg og Düsseldorf i referencescenariet 2010

		CO_2 kg	CO g	HC g	NO_x g	SO_2 G	Partikler g
Bil (3,1)	Rødby-Puttgarden	59,3	181,1	6,7	17,2	1,9	3,2
	Storebælt	67,2	205,4	7,6	19,5	2,2	3,6
	Trelleborg-Rostock FF	147,4	411,4	84,9	1919,3	318,0	33,9
	Trelleborg-Travemünde	87,5	250,3	39,7	846,8	139,9	16,1
	Göteborg-Kiel	121,0	332,5	78,8	1826,9	303,0	31,3
Tog (300)	Rødby-Puttgarden	19,4	13,2	1,2	40,5	37,1	1,1
	Storebælt	22,0	14,9	1,3	45,9	42,1	1,2
Bus (31)	Rødby-Puttgarden	26,3	0,6	1,7	115,9	0,8	0,1
	Storebælt	29,8	0,7	1,9	131,4	1,0	0,1
	Trelleborg-Rostock FF	61,2	102,2	33,1	862,4	127,3	12,5
	Trelleborg-Travemünde	37,0	45,0	15,1	422,4	56,0	5,5
	Göteborg-Kiel	49,7	97,4	31,0	784,9	121,2	11,9
Fly (80)		166,3	365,6	43,4	575,2	10,6	0,0

Tabel 3.6 – Turen mellem Göteborg og Düsseldorf i 2+4 scenariet

I 2+4 scenariet er det en miljøgevinst at køre over den faste Femer bælt forbindelse i forhold til Storebælt, både i bil, bus og tog. CO_2-besparelsen pr. bilpassager på ruten Rødby-Puttgarden i 2+4 scenariet i forhold til referencescenariet er ca. 14%.

4 Analyse af emissioner for godstransport ved forskellige trafikmiddelvalg og rutevalg for udvalgte bypar.

I det følgende er der analogt med afsnit 3 gennemført beregninger af emissioner for forskellige trafikmiddelvalg og rutevalg ved godstransport mellem udvalgte bypar. Beregningerne er gennemført for 1 tons gods, der transporteres mellem

København-Hamburg

Stockholm–Berlin

Göteborg–Düsseldorf

Beregningerne er baseret på, at transporten kan gennemføres med lastbil og tog. Der er analyseret både eltog og dieseltog. De ruter der for de enkelte transportmidler og bypar indgår i beregningerne, er vurderet som de mest realistiske. Følgende ruter mellem Skandinavien og Kontinentet er inddraget i beregningerne:

- Rødby-Puttgarden, konventionel færge ,
- Storebælt,
- Trelleborg-Rostock, konventionel færge ,
- Trelleborg-Sassnitz, konventionel færge,
- Trelleborg-Travemünde, konventionel færge , og
- Göteborg-Kiel, konventionel færge.

Beregningerne bygger på, at en international lastbil med en kapacitetsudnyttelse på 70% samt et tog med en kapacitetsudnyttelse på 40% kører mellem de nævnte bypar.

I referencescenariet er godstogstrafikken igennem Danmark ført via Storebælt. I 2+4 scenariet kan såvel Storebæltsruten som Femer Bælt ruten anvendes til godstogskørsel.

Det skal understreges at de gennemførte beregninger er baseret på emissionsfaktorer, der forventes at gælde i 2010.

Konklusionen er, ligesom for persontransport, at der er væsentlige miljømæssige gevinster ved at anvende den faste forbindelse fremfor færge.

4.1 København-Hamburg

Tabellerne 4.1 og 4.2 viser miljøbelastninger pr. transporteret tons for lastbil- og banetransport for referencescenariet og 2+4 scenariet.

Lastbilturen mellem København og Hamburg er ca. 140 km længere via Storebælt end via Rødby-Puttgarden, men den giver alligevel mindre miljøbelastninger i referencescenariet. Årsagen er, at færgernes miljøbelastning er større end de miljøbelastninger, der er forbundet med omvejskørslen. Tabel 4.1 viser også meget klart at eltoget har miljømæssige fordele med hensyn til udledning af HC og NOx. Derimod er svovludledningen i forbindelse med den danske elproduktion med til på det område at gøre eltog mindre attraktive end dieseltog og lastbiler, der anvender svovlfattig diesel. Tager man imidlertid udgangspunkt i SJs data for emissioner i forbindelse med eltog, er svovlindholdet stort set elimineret, fordi den svenske el, der anvendes i forbindelse med jernbanetransport, produceres på atomkraftværker eller ved hjælp af vandkraft.

2+4 scenariet viser en klar miljøfordel ved at godstransporten føres via den faste Femer bælt forbindelse. Emissionerne formindskes over en bred kam for såvel tog som lastbil.

		CO_2 kg	CO g	HC g	NO_x g	SO_2 g	Partikler g
Lastbil	Rødby-Puttgarden	27,4	36,3	11,9	334,2	40,8	4,5
	Storebælt	22,3	5,8	2,8	135,2	0,7	0,8
Dieseltog	Rødby-Puttgarden	-	-	-	-	-	-
	Storebælt	10,9	25,4	6,1	195,3	0,2	6,6
Eltog	Rødby-Puttgarden	-	-	-	-	-	-
	Storebælt	11,1	7,6	0,7	23,3	21,3	0,6

Tabel 4.1 – Emissioner pr. tons gods mellem København og Hamburg i Referencescenarie 2010

		CO_2 kg	CO g	HC g	NO_x g	SO_2 g	Partikler g
Lastbil	Rødby-Puttgarden	16,0	4,2	2,0	96,8	0,5	0,6
	Storebælt	22,3	5,8	2,8	135,2	0,7	0,8
Dieseltog	Rødby-Puttgarden	7,4	17,2	4,2	132,4	0,2	4,5
	Storebælt	10,9	25,4	6,1	195,3	0,2	6,6
Eltog	Rødby-Puttgarden	7,6	5,2	0,4	15,8	14,5	0,4
	Storebælt	11,1	7,6	0,7	23,3	21,3	0,6

Tabel 4.2 – Emissioner pr. tons gods mellem København og Hamburg i 2+4 scenariet

4.2 Stockholm-Berlin

Tabellerne 4.3 og 4.4 viser miljøbelastninger pr. transporteret tons for lastbil- og banetransport mellem Stockholm og Berlin for referencescenariet og 2+4 scenariet.

Lastbilturen via Storebælt er ca. 230 km længere end turen via Rødby-Puttgarden, men den giver alligevel mindre miljøbelastninger i referencescenariet. Både ruten via Trelleborg-Rostock og ruten via Trelleborg-Sassnitz er kortere end ruten via Rødby-Puttgarden. Alligevel er miljøbelastningerne via de to ruter betydelig højere for transporter med lastbil på grund af store miljøbelastninger fra færgerne. Miljøbelastninger i relation til lastbil på Trelleborg-Rostock ruten er større end på Trelleborg-Sassnitz ruten på grund af længere sejlafstand.

Godstransport med tog via Trelleborg-Sassnitz giver større miljøbelastninger end en tilsvarende godstransport med tog via Storebælt på grund af store belastninger fra færgen. Det gælder for begge togtyper og for begge scenarier.

Togturen via den faste Femer bælt forbindelse (2+4 scenariet) giver en miljøfordel i forhold til turen både via Storebælt og via Trelleborg-Sassnitz. Lastbilturen via Femer Bælt i 2+4 scenariet medfører de mindste emissioner sammenlignet med de øvrige lastbilruter, der er analyseret.

		CO_2 kg	CO g	HC g	NO_x g	SO_2 g	Partikler g
Lastbil	Rødby-Puttgarden	65,6	46,2	16,7	565,6	42,0	5,9
	Storebælt	60,6	15,7	7,5	366,6	1,9	2,2
	Trelleborg-Rostock	84,6	128,3	41,6	1126,0	148,0	15,9
	Trelleborg-Sassnitz	69,0	82,0	27,3	787,6	89,8	10,3
Dieseltog	Rødby-Puttgarden	-	-	-	-	-	-
	Storebælt	29,7	68,8	16,7	529,8	0,6	17,9
	Trelleborg-Sassnitz	43,4	108,2	30,4	821,0	75,7	19,9
Eltog	Rødby-Puttgarden	-	-	-	-	-	-
	Storebælt	30,2	20,6	1,8	63,1	57,9	1,7
	Trelleborg-Sassnitz	43,8	74,7	20,0	496,7	115,4	8,5

Tabel 4.3 – Emissioner pr. tons gods mellem Stockholm og Berlin i Referencescenarie 2010

		CO_2 kg	CO g	HC g	NO_x g	SO_2 g	Partikler g
Lastbil	Rødby-Puttgarden	54,3	14,1	6,7	328,3	1,7	2,0
	Storebælt	60,6	15,7	7,5	366,6	1,9	2,2
	Trelleborg-Rostock	84,6	128,3	41,6	1126,0	148,0	15,9
	Trelleborg-Sassnitz	69,0	82,0	27,3	787,6	89,8	10,3
Dieseltog	Rødby-Puttgarden	26,1	60,6	14,7	466,9	0,6	15,8
	Storebælt	29,7	68,8	16,7	529,8	0,6	17,9
	Trelleborg-Sassnitz	43,4	108,2	30,4	821,0	75,7	19,9
Eltog	Rødby-Puttgarden	26,6	18,2	1,6	55,6	51,0	1,5
	Storebælt	30,2	20,6	1,8	63,1	57,9	1,7
	Trelleborg-Sassnitz	43,8	74,7	20,0	496,7	115,4	8,5

Tabel 4.4 – Emissioner pr. tons gods mellem Stockholm og Berlin i 2+4 scenariet

4.3 Göteborg-Düsseldorf

Tabellerne 4.5 og 4.6 viser miljøbelastninger pr. transporteret tons for lastbil- og banetransport mellem Göteborg og Düsseldorf for referencescenariet og 2+4 scenariet.

Lastbilturen via Göteborg - Kiel medfører de største lastbilmiljøbelastninger i begge scenarier, primært på grund af færgens emissioner og den lange sejlafstand. I referencescenariet medfører Rødby-Puttgarden ruten en større belastning pr. tons end ruten via Storebælt. Det skyldes, at færgernes miljøbelastning overstiger den miljøbelastning en omvejskørsel på 140 km giver anledning til. Emissioner i forbindelse med lastbiltransport via ruten Trelleborg-Rostock og via ruten Trelleborg-Travemünde er større end lastbiltransport via Rødby-Puttgarden på grund af større miljøbelastninger fra færgerne.

Godstransport med tog via Trelleborg-Sassnitz giver større miljøbelastninger end godstransport med tog via Storebælt i begge scenarier.

Godstransport med lastbil via den faste Femer bælt forbindelse medfører færre emissioner i forhold til de andre tre lastbilruter. Godstransport med tog via den faste Femer bælt forbindelse giver også en miljøfordel i forhold til de øvrige ruter.

		CO_2 kg	CO g	HC g	NO_x g	SO_2 g	Partikler g
Lastbil	Rødby-Puttgarden	58,6	44,4	15,8	523,0	41,8	5,7
	Storebælt	53,6	13,9	6,6	324,0	1,7	2,0
	Trelleborg-Rostock	85,5	128,5	41,7	1131,5	148,0	16,0
	Trelleborg-Travemünde	82,2	131,1	42,3	1131,4	152,7	16,2
	Göteborg-Kiel	123,7	271,5	85,5	2131,3	331,2	33,4
Dieseltog	Rødby-Puttgarden	-	-	-	-	-	-
	Storebælt	26,2	60,8	14,7	468,1	0,6	15,8
	Trelleborg-Sassnitz	44,1	109,9	30,8	833,5	75,7	20,3
Eltog	Rødby-Puttgarden	-	-	-	-	-	-
	Storebælt	26,7	18,2	1,6	55,8	51,1	1,5
	Trelleborg-Sassnitz	44,5	75,2	20,1	498,2	116,8	8,6

Tabel 4.5 – Emissioner pr. tons gods mellem Göteborg og Düsseldorf i Referencescenarie 2010

		CO_2 kg	CO g	HC g	NO_x g	SO_2 g	Partikler g
Lastbil	Rødby-Puttgarden	47,2	12,2	5,8	285,6	1,5	1,7
	Storebælt	53,6	13,9	6,6	324,0	1,7	2,0
	Trelleborg-Rostock	85,5	128,5	41,7	1131,5	148,0	16,0
	Trelleborg-Travemünde	82,2	131,1	42,3	1131,4	152,7	16,2
	Göteborg-Kiel	123,7	271,5	85,5	2131,3	331,2	33,4
Dieseltog	Rødby-Puttgarden	22,7	52,6	12,7	405,3	0,5	13,7
	Storebælt	26,2	60,8	14,7	468,1	0,6	15,8
	Trelleborg-Sassnitz	44,1	109,9	30,8	833,5	75,7	20,3
Eltog	Rødby-Puttgarden	23,1	15,8	1,4	48,3	44,3	1,3
	Storebælt	26,7	18,2	1,6	55,8	51,1	1,5
	Trelleborg-Sassnitz	44,5	75,2	20,1	498,2	116,8	8,6

Tabel 4.6 – Emissioner pr. tons gods mellem Göteborg og Düsseldorf i 2+4 scenariet

5 Ændring i de samlede emissioner ved etablering af en fast forbindelse.

I dette afsnit er ændringen i de samlede emissioner ved etablering af en fast forbindelse via Femer bælt opgjort. Udgangspunktet har været Plancos bearbejdning af FTCs beregninger af trafikarbejdet i henholdsvis referencescenariet og 2+4 scenariet. Trafikarbejdet foreligger derfor beskrevet i form af kørte kilometre på land (eller faste forbindelser) med personbil, lastbil, bus og henholdsvis persontog og godstog, samt udførte flykilometre. Opgørelsen er naturligvis behæftet med en vis usikkerhed, der kan relateres til dels beregningsforudsætningerne for prognoserne, dels til emissionerne for de enkelte transportmidler. Igen er udgangspunktet primært Trafikministeriets TEMA-model med enkelte modifikationer vedr. godstransportens miljøbelastning.

FTCs prognoseforudsætninger beskriver de forventninger, der eksisterer til den fremtidige færgetrafik mellem Skandinavien på den ene side og Kontinentet på den anden side. Når ses bort fra Rødby-Puttgarden er disse forudsætninger ens i de forskellige scenarier. Det betyder, at en mertrafik på en evt. fast forbindelse via Femer bælt, der opstår ved at trafik overflyttes fra parallelle ruter, ikke får nogen konsekvens for trafikken i form af ændrede frekvenser eller ændrede færgestørrelser på disse ruter. Det betyder derfor, at man ved beregning af ændringer i de samlede emissioner kan se bort fra færgeemissioner, bortset fra Rødby-Puttgarden. Derfor har det ingen betydning i nærværende beregning, om en færge der sejler på en given rute, lever op til de nyeste specifikationer vedrørende maskiner, forbrænding, katalysatorer, etc.

Emissioner i forbindelse med flytrafikken fastlægges med udgangspunkt i det beregnede flytransportarbejde i de enkelte scenarier. Det antages, som tidligere nævnt, at emissionsniveauet er proportionalt med flykilometrene, og at en reduktion af disse, derfor medfører en nedgang i det samlede emissionsniveau. Denne forudsætning betyder, at det for fly antages at udbudet tilpasses efterspørgslen, enten i form af færre afgange, eller i form af mindre fly. Det er også nævnt i afsnit 2, at ændringerne i emissionsniveauer for flytrafikken formentlig er større end den her skitserede beregningsmetode giver anledning til, fordi reduktionen i flykilometre som følge af en fast forbindelse primært vil påvirke de korte afstande, dvs. på de ruter hvor take-off og landing udgør en stor del af det samlede emissionsniveau.

I det følgende er der gennemført to forskellige beregninger. I den første er ændringen i samlede emissionsniveauer fastlagt med udgangspunkt i de i dag gældende normer. I den anden beregning er der lagt nye normer ind for de transportmidler, hvor sådanne vil være gældende i år 2010. De resulterende beregninger af ændringerne er vist i nedenstående tabel 5.1 og 5.2.

	CO2 ('000 tons)	CO (tons)	HC (tons)	NOx (tons)	SO2 (tons)	Partikler (tons)
Hurtigfærger	0	0	0	0	0	0
Konventionelle fær-ger	-96	-253	-79	-1899	-315	-31
Personbiler	67	527	19	68	2	4
Busser	0	0	0	0	0	0
Persontog	10	7	1	20	19	1
Flytrafik	-187	-412	-49	-648	-12	0
Passager transport i alt	**-206**	**-131**	**-108**	**-2460**	**-307**	**-27**
Lastbiler	55	32	16	534	18	4
Diesel godstog	-3	-6	-2	-50	0	-2
El godstog	-18	-12	-1	-37	-34	-1
Godstransport i alt	**34**	**14**	**13**	**447**	**-16**	**1**
I alt	**-172**	**-118**	**-95**	**-2012**	**-323**	**-25**

Tabel 5.1 – Ændring i de samlede emissioner i 2010 ved etablering af en fast Femer bælt forbindelse baseret på 2000 emissionsniveauer

	CO2 ('000 tons)	CO (tons)	HC (tons)	NOx (tons)	SO2 (tons)	Partikler (tons)
Hurtigfærger	0	0	0	0	0	0
Konventionelle fær-ger	-96	-253	-79	-1899	-315	-31
Personbiler	67	206	8	20	2	4
Busser	0	0	0	0	0	0
Persontog	10	7	1	20	19	1
Fly	-187	-412	-49	-648	-12	0
Passagertransport i alt	**-206**	**-452**	**-119**	**-2507**	**-306**	**-26**
Lastbiler	48	12	6	291	2	2
Diesel godstog	-3	-6	-2	-50	0	-2
El godstog	-18	-12	-1	-37	-34	-1
Godstransport i alt	**27**	**-6**	**3**	**204**	**-32**	**-1**
I alt	**-182**	**-458**	**-116**	**-2303**	**-338**	**-27**

Tabel 5.2 – Ændring i de samlede emissioner i 2010 ved etablering af en fast Femer bælt forbindelse baseret på 2010 emissionsniveauer