

# Godstransportkæders miljø- og omkostningsforhold

V/ cand.scient.pol Michael Henriques, TetraPlan

## 1 Forord

Dette projekt udarbejdes for Transportrådet af TetraPlan gennem foråret og sommeren 1998. Projektet er et forsøg på at opstille en metode samt indhente de nødvendige data for at kunne belyse omkostnings- og miljøforhold i godstransportkæder.

**I skrivende stund (ultimo juli), lider projektet stadig under en vis mangel på især omkostningsdata. De økonomiske del af projektet vil derfor i dette papir kun blive beskrevet på det generelle plan, men det er absolut forventningen og intentionen, at det ved præsentationen på Trafikdagene vil være muligt at fremlægge konkrete resultater også fra denne del af projektet.**

Temaet er som sådan ikke nyt, og rapporten indskriver sig da også på god vis i den række af studier Transportrådet gennem de seneste har gennemført med henblik på at kortlægge omkostnings- og prisforhold samt miljøforhold i såvel person- som godstrafikken. Rapporten skal derfor ses som en naturlig forlængelse af de tanker og overvejelser der har været fremført i bl a studiet af omkostninger i eksportvognmandserhvervet (notat nr 94-05), i notatet om potentiale for søtransport mellem Danmark og kontinentet (notat 95-02), valg af transportmiddel i international godstransport (notat 95-03), benchmarking af havne- muligheder for effektivisering af havne (notat 96-06) samt notatet om godstransport og kvalitet (notat 97-02), for at nævne nogle af de vigtigste.

Desuden har miljøvurderingerne i tilknytning til TEMA modellen samt en række af de overvejelser der har været gennemført i tilknytning til PACT projekterne om intermodale løsninger og de overvejelser der ligeledes er under vejs i Scandinet projektet, været af stor betydning for projektet. Og endelig- men ikke at forglemme- har arbejdet med en trafikplan for Århus amt været af stor betydning for en forståelse af en række af de grundlæggende problemstillinger i dette projekt.

Samtidig adskiller herværende projekt sig på en række områder fra tidligere projekter. De vigtigste forskelle ligger i følgende:

- Hovedtankegangen i projektet har været styret af ønsket om at beskrive hele transportkæden fra dør til dør, inklusiv en evt håndtering og/eller omladning i terminaler undervejs på turen
- Omkostningerne ved at gennemføre transporten søges så vidt muligt opgjort som de driftsøkonomisk bestemte omkostninger og ikke som den kundevendte pris. Den samlede omkostning opgøres som en addition af de enkelte transportmidlers bidrag under hensyntagen til den konkrete forsendelsesstørrelse og kapacitetsudnyttelsen
- Miljøbelastningen opgøres ud fra en addition af bidraget fra de enkelte transportmidlers bidrag under hensyntagen til den konkrete forsendelsesstørrelse og kapacitetsudnyttelsen

Det opstillede beregningsværktøj gør det under de her nævnte forudsætninger muligt at beregne omkostninger og miljøbelastning for forskellige forsendelsesstørrelser med en række variationer af transportmiddelsammensætningen.

## 2 Indledning

Undersøgelser af godstransport i et konkurrence- og miljøperspektiv er ikke nogen ny foreteelse. Ikke mindst set i lyset af såvel en stigende erkendelse af transportens skadelige påvirkninger af miljøet i kombination med en tiltagende trængsel på dele af vejnettet og i byerne, er interessen for alternativer til lastbilen kommet i søgelyset.

Denne udvikling har dog samtidig resulteret i, at mens lastbilen som transportform har undergået en række teknologiske fremskridt, er den samme udvikling ikke sket indenfor jernbanernes godstransport og kun inden for dele af skibsfarten.

Dette teknologiske efterslæb har yderligere medvirket til specielt at slække jernbanens konkurrencekraft. Indtroduktionen af inter- eller multimodale transportløsninger har på mange måder åbnet en ny verden både for skibet og for jernbanen, men hvor skibet i mange sammenhænge har været i stand til at nyttiggøre disse nye muligheder, har det straks knebet betydeligt mere for jernbanen.

Denne til dels nedadgående spiral har udløst et ønske om at vende udviklingen. Samtidig har der gennem årene bredt sig en opfattelse af, at ikke mindst omladningsproblematikken i terminalerne ofte er en kilde til fordyrelse af de transportere for hvilke der kræves en eller flere omladninger af godset. Hvorvidt der her er tale om realiteter eller ej vil næppe blive afdækket i dette projekt, men det har dog været intentionen at søge at indkredse problemet lidt nærmere men henblik på lidt mere kvalificeret at kunne vurdere specielt de intermodale løsningers fremtid.

Ved udvælgelsen af de konkrete transportere har varetypen ikke været sat i fokus, men det har været forudsat at der er tale om andre varettyper end bulkgoods, hvorfor der som udgangspunkt har været fokuseret på transportløsninger, der kan udføres som intermodale transportere. Begrundelsen for dette valg har været, at transport i en unitiseret form, hvad enten der er tale om container eller veksellad på alt andet end massegoods vurderes at være fremtidens transportform, samtidig med at en reel sammenligning mellem transportmidlerne alt andet lige bedst gennemføres ved at se på transportere, hvor lastebæreren er identisk eller udviser de samme karakteristika.

Ikke overraskende har det vist sig at være ganske besværligt at indhente data til belysning af en række af de problemstillinger der indgår i projektet. Belysningen af miljøproblematikken har grundlæggende set været lettest at håndtere, idet der med indtroduktionen af TEMA modellen og det efterfølgende arbejde der er blevet udført, i dag ligger et ganske fint og veldokumenteret paradigme for hvorledes energiforbrug og emissioner opgøres for en forskellige transportmidler, samt hvilken betydning ændringer i bl a kapacitetstudnyttelsen har for emissionsbilledet. I forbindelse med dette studie har vi desuden været så heldige, at Københavns havn har besluttet at gennemføre en ekstra vurdering af energiforbrug og emissioner fra bl a det løftegrej (kraner mv) der anvendes i havnen.

Belysningen af omkostningssiden har derimod voldt betydelig flere problemer. Dels er der helt overordnet ganske mange problemer forbundet med at gennemføre opgørelser af denne karakter, dels er omkostningsopgørelser naturligvis et meget følsomt område set i et konkurrencemæssigt perspektiv. En række kompromisser har da også måtte indgås for at kunne ønskerne til disse opgørelser. Disse omtales mere udførligt i de efterfølgende afsnit.

### 3 Metode

Metodisk er projektet lagt an således, at udgangspunktet har været en definition og forståelse af begrebet transportkæde, idet hele projektet er koncentreret herom. Samtidig har det været ønsket at søge at bevare forbindelsen bagud til de tidligere projekter om godstransport, omkostninger og miljø, som dette projekt ses som en del af, ligesom det har været intentionen at binde projektet sammen med et kørende projekt om SP analysers muligheder for at fremskrive Danmarks internationale godstransport, og dermed trække en linje frem i tiden.

Belysningen af omkostningerne og miljøet er efterfølgende blevet knyttet til transportkæderne.

Men hvad er en **transportkæde**? Transportkæder er i dette projekt defineret som den samlede rute bestående af knuder og strækninger godset gennemløber fra afsender til modtager. Projektet vil derfor følge godset på hele turen fra dør til dør. Der er dog foretaget den afgrænsning, at der ikke mindst på grund af godsmængdernes størrelse er tale om transportere indenfor erhvervslivet, dvs transportere ud til

private forbrugere samt decideret nærdistributionskørsel til virksomheder med små biler er ladet ude af betragtning.

Vi mener denne afgrænsning kan retfærdiggøres derved, at leverancerne direkte til forbrugerne er langt mindre i omfang end erhvervslivets leverancer, idet forbrugerne langt overvejende selv udfører den endelige hjemtransport af de indkøbte forbrugsgoder. I de situationer hvor dette ikke er tilfældet, vil der langt overvejende være tale om at transporten gennemføres med en mindre (< 6 tons) distributionsbil, som enten er indlejet til udelukkende at transportere den bestilte vare, eller kører som firmatransport for et eller flere firmaer, ofte inden for brancher som hårde hvidevarer og radio/tv.

Kørsel af denne type er måske ikke undersøgt til bunds, men en række forhold er dog vurderet i forbindelse med bl.a. vurderinger af citylogistik. Og endelig vil der i mange tilfælde være tale om at transportkæden bliver brudt, idet varen først leveres til slutbrugeren efter et lagerophold, hvor der muligvis endda sker en forarbejdning eller anden forandring af varen.

I nærværende projekt er transportkæden derfor blevet begrænset til at omfatte transporten mellem virksomheder på producent og grossistniveau, således at detailhandel og forbrugere holdes ude af betragtning. Der er hermed tale om, at kun en vis del af den transportmæssige virkelighed vil blive draget ind i betragtningerne. Udeladelsen af nærdistributionstransporten skal ikke opfattes som en underkendelse af dens betydning samt af det ganske store trafikarbejde der er forbundet med denne type af transport. Men det er som sagt vurderingen, at denne type af transport har nogle særegne karakteristika som medfører, at den med størst udbytte behandles særskilt, og i mange tilfælde kun realistisk kan udføres med lastbil.

Desuden er undersøgelsen koncentreret om transportkæden forstået som transportstrækningen eller strækningerne og knuderne (terminalerne). Indgangen hertil vil dog være den transporttekniske, hvorfor terminalen alene betragtes som et konsoliderings- og omladningspunkt for godset. Derimod ses der bort fra de aktiviteter af værdiskabelses karakter (incl oplagring), der mere og mere kendetegner terminalerne, og formentlig også har tiltagende indflydelse på transportørens/speditørens tilrettelæggelse og valg af transportform.

Beskrivelsen og vurderingen af terminaler vil være koncentreret om tre hovedtyper:

- Havneterminaler, i hvilke der kan ske omladninger skib/skib, skib/bil og skib/bane
- Jernbaneterminaler, i hvilke der kan ske omladninger bane/bane og bane/bil. Derimod anses det ikke for realistisk at der i denne type af terminaler kan gennemføres omladninger direkte mellem skib og bane.
- Transportcentre eller fragtmandscentraler, hvor der alene gennemføres omladninger mellem lastbiler.

For de enkelte ruter, som gennemgås nedenfor, vil den mest korrekte rute blive fastlagt for disse relationer. Med korrekt tænkes især på rutens geografiske forløb samt omladninger og skift mellem transportmidler. Sidstnævnte vil især være af betydning når flere transportmidler indgår, men for såvel jernbane- som skibsdelen af en kæde, vil der undervejs kunne ske rangeringer eller omladninger fra et skib til et andet. På grundlag af køreplaner og sejlplaner tilrettelægges disse forløb så nøjagtigt som muligt.

Selve denne måde at anskue en samlet transport på dvs en opbygning med strækninger og knuder er ikke ny, men det vil nok ikke være forkert at påpege, at koncentrationen hidtil har været på strækningerne, mens knuderne (læs:terminalerne) har fået en lidt stedmoderlig behandling. Og ikke mindst set i lyset af, at terminalerne ofte anses som de problematiske led i transportkæden, ikke mindst ud fra en omkostningsmæssig synsvinkel, men i visse sammenhænge også ud fra en miljømæssig vinkel, vil en yderligere belysning af terminalerne være oplagt.

Det skal dog her anføres, at vi i dette projekt ikke vil gå ind i en belysning af de tids- og kvalitetsmæssige aspekter som ofte indgår som et afgørende kriterie ved valg af transportløsning. Betydningen af disse forhold belyses derimod i det ovennævnte projekt om SP analyser og international godstransport.

Den økonomiske indfaldsvinkel kan ligeledes være flersidig, idet der kan anlægges såvel et samfunds- som et virksomhedsøkonomisk perspektiv, ligesom der kan gennemføres en analyse baseret på henholdsvis de gennemsnitlige omkostninger eller de marginale omkostninger. Nedenstående tabel illustrerer de forskellige løsninger:

1) Driftsøkonomisk analyse	2) Samfundsøkonomisk analyse
3) Gennemsnitlige omkostninger	4) Marginale omkostninger

Grundtankegangen i denne analyse vil lægge sig i felterne 1 og 3, dvs. der er tale om driftsøkonomisk analyse baseret på gennemsnitlige omkostninger. I nogen udstrækning vil det være muligt at illustrere de marginale omkostninger, der så at sige ligger bag de gennemsnitlige omkostninger, mens de samfundsøkonomiske aspekter kun vil blive omtalt i form af den miljømæssige vurdering, og som udgangspunkt ikke vil blive søgt værdisat i monetære termer.

Ikke overraskende er der også i de miljømæssige vurderinger taget afsæt i de gennemsnitlige forbrugs-, emissions- og ulykkestal. I enkelte sammenhænge er dog foretaget vurderinger ud fra en marginal synsvinkel når denne tilgang vurderes at være mere korrekt.

## 4 Økonomiske data

Til belysning af omkostningerne ved at gennemføre en konkret godstransport er opstillet følgende paradigme:

	Vejtransport	Baneransport	(Færger/RORO)	Nærøsfart/LO/LO	Terminaler
<b>Variable omkostninger</b>					
Brændstofforbrug	X	X	X	X	(X)
Olie/smøremidler	X	X	X	X	
Dæk	X				
Distanceafhængig del af vedligeholdelse	X	X	X	X	
Infrastrukturafgifter	X	X			
Havneafgifter			X	X	
<b>Kapacitetsomkostninger</b>					
Forsikringer	X	X	X	X	X
Vægtafgift	X				
Eurovignet/Alpeafgift	X				
Ejendomsskat mv					X
Forbrugsafgifter					X
Distanceafhængig vedligehold	X	X	X	X	X
Afskrivning/renter	X	X	X	X	X
Lønomkostninger- herunder omkostninger til administration	X	X	X	X	X

Opdelingen i henhv faste og variable omkostninger samt den meget detaljerede opdeling har i realiteten vist sig ikke at kunne holde, men har dog været et godt udgangspunkt for de efterfølgende diskussioner og beregninger.

Et andet diskussionspunkt har været, hvorvidt der for alle led i transportkæden konsekvent skulle foretages en omkostningsopgørelse, eller priser i nogen sammenhænge kunne være acceptable. I skrivende stund ligger dette princip ikke helt klippefast, men det har været hovedtanken, at der for hovedtransportmidlerne gennemføres omkostningsberegninger, mens der for håndteringen i havne og specielt for overførslen på færger opereres med en gennemsnitspris for den udførte transport. Begrundelsen for dette valg har ganske enkelt været, at det ikke har været muligt at indhente oplysninger om omkostninger for færger og terminaler.

I afsnittet om miljødata nedenfor angives med flere detaljer hvorledes de enkelte transportmidler er blevet ”vurderet”.

## 5 Miljødata

Behandlingen af miljøsidens af transportkæderne tager afsæt i nedenstående opdeling:

	Vejtransport	Banetransport	Søtransport	Terminaler
Energiforbrug, CO <sub>2</sub> -udslip	X	X	x	X
Luftforurening	X	X	x	X
Støj	X	X		
Uheld	X	X		

### **Energiforbrug og CO<sub>2</sub>-udslip**

#### **Banetrafik**

For tog er der opstillet tabeller med energiforbrug i MJ/togkm samt MJ/tonkm under forskellige grader af kapacitetsudnyttelse. Der er opstillet tabeller for henholdsvis diesel- og eltog med forskellige sammensætninger af togsæt i form af antal vogne og vogntyper.

Hvad CO<sub>2</sub>-udslip for el-tog angår er der anført emissioner både baseret på en gennemsnitsbetragtning for emissioner knyttet til den danske el-produktion og baseret på en marginalbetragtning, hvor det antages at det er et kulfyret kraftværk uden varmeudnyttelse der tages i brug til at dække det konkrete elforbrug.

Tabellerne er opstillet for 1996 og 2005.

Der indsamles data vedr. emissioner fra el-produktionen i de øvrige lande, som indgår i nettene således, at der i opgørelsen af emissioner fra el-togdriften tages hensyn til produktionsmåden for den forbrugte elmængde i de enkelte lande.

Dieseltog har kun relevans for enkelte strækninger i tognettene i Danmark nemlig i forbindelse med Danlinkruten til Københavns Havn og strækningen Fredericia-Århus.

### **Vejtrafik**

For lastbil er der opstillet tabeller over energiforbrug i MJ/vognkm og CO<sub>2</sub>-emission i g/vognkm. Emissionsfaktorerne er opstillet for henholdsvis bykørsel og motor- og landevejskørsel. Der er opstillet data for 4 forskellige vægkategorier af lastbiler, hvoraf bilen med 40 tons totalvægt er relevant i den internationale transport mens bilen med 48 tons totalvægt kan være relevant i den nationale transport. I praksis vil der dog som udgangspunkt kun blive regnet på 40 tons bilen, idet forskellen på de to biler er marginal. Derudover foreligger data for biler med 16 og 24 tons totalvægt.

For alle biltyper regnes såvel på konventionelle biler som kølebiler. Kølebilerne adskiller sig primært fra de traditionelle biler ved et noget højere omkostningsniveau, dels betinget af højere anskaffelsespriser, dels betinget af bl a et noget højere energiforbrug pga kølemaskinen.

### **Søtransport**

Der indsamles data vedr. et antal relevante skibstyper, koncentreret om et antal størrelsesmæssigt relevante containerskibe samt om en række færger. Opstillingen er i skrivende stund ikke helt tilendebragt, idet der mangler enkelte tilbagemeldinger fra de rederier der har bidraget til undersøgelsen..

### **Terminaler**

Til belysning af energiforbrug og CO<sub>2</sub>-udslip fra aktiviteter i terminaler er der indsamlet data fra Københavns Havn vedr. havnens kørende og flydende materiel. Langt den største del af energiforbruget er i de nuværende opgørelser knyttet til straddle carrier basen, men om dette er den endelige konklusion afgøres først når de sidste oplysninger fra Københavns Havn er bearbejdet..

Fra KFB-projektet: "Miljöeffekter av transportmedelvelg för godstransporter" haves en opgørelse over emissioner ved omladning af gods mellem skib og lastbil udtrykt ved antal gram pr. tons gods:

	CO <sub>2</sub>	HC	CO	NO <sub>x</sub>	Partikler
Gram pr. ton gods	340	0,8	2,1	6,6	0,67

*Tabel 1 Emissioner ved omladning af gods mellem skib og lastbil.*

*Kilde: "Miljöeffekter av transportmedelvelg för godstransporter", KFB, 1994*

## **6 Luftforurening**

For tog og lastbil er luftforurening udtrykt ved emissioner af CO, HC, NO<sub>x</sub> og partikler opstillet i tabeller efter samme model, som beskrevet i afsnittet vedrørende energiforbrug og CO<sub>2</sub>-udslip.

## **7 Uheld**

Indenfor rammerne af dette projekt behandles uheld på et forholdsvis overordnet niveau og afgrænses til at omfatte personskadeuheld knyttet til lastbiltrafikken og banetrafikken.

Uheld knyttet til søtransporten og aktiviteter i terminaler behandles ikke.

## Vejtrafik

Ideelt set skal der opstilles et sæt uhedsfrekvenser knyttet til lastbiltrafikken på de enkelte strækninger i de betragtede vejnet. I praksis er det forbundet med stort arbejde at indsamle præcise data vedr. enkeltstrækninger i nettene og køretøjsspecifikke uhedsfrekvenser.

I Danmark er lastbiler impliceret i ca 10% af samtlige personskadeuheld på vejnettet. Til sammenligning står lastbilerne for ca. 7% af det samlede biltrafkarbejde.

Trafikarbejdet med lastbil i mio vognkm opdelt på vejtyper fremgår af nedenstående tabel, som er baseret på Vejdirektoratets 60-punkts tællinger.

1996	Trafikarbejde, lastbiler >3,5 t Mio vogn km	Trafikarbejde, biler i alt Mio vogn km
Motorveje	864	8.091
Øvrige veje i landområder	1.446	20.117
Veje i byområder	807	14.883
I alt	3.117	43.091

Figur 1 Trafikarbejde 1996 opdelt på vejtyper.

Kilde: "60-punkts tællinger, Resultater 1983-1996", Vejdirektoratet 1998.

Ved at sammenholde uhedsdata med trafikarbejde kan der for det danske vejnet opstilles uhedsfrekvenser for lastbiltrafikken fordelt på nogle overordnede vejtyper.

Det tilstræbes at opgøre en miljøbelastningsfaktor per kørt lastbilkm. Da der i gennemsnit køres mange millioner km mellem hver ulykke bliver der tale om nogle talmæssigt små størrelser når der ud fra en konkret transportkæde regnes en samlet uhedsbelastning.

På baggrund af en international uhedsdatabase for OECD-landene er det muligt at opstille uhedsfrekvenser for flertallet af de i denne sammenhæng relevante lande. Uhedsfrekvenserne udtrykker omfanget af sikkerhedsmæssige forskelle landene imellem.

Motorveje	1993	1994	1995
Danmark	0.03	0.04	0.04
Norge			
Sverige			
Tyskland	0.15	0.15	0.14
Holland			
Belgien	0.16	0.16	0.15
Italien	0.13	0.14	
Schweiz	0.11	0.11	0.12
Østrig	0.18	0.17	0.16

Figur 2 Uhedsfrekvenser for motorveje for udvalgte lande (antal personskadeuheld pr mio vognkm)

Kilde: IRTAD

Øvrige veje i landområder	1993	1994	1995
Danmark	0.16	0.14	
Norge			0.17
Sverige			0.17
Tyskland	0.32	0.32	0.30
Holland	0.16	0.17	0.17
Belgien			
Italien			
Schweiz	0.22	0.21	0.21
Østrig	0.35	0.34	0.31

Figur 3 Uhedsfrekvenser for veje udenfor by ekskl. motorveje for udvalgte lande (antal personskadeuheld pr mio vognkm)  
Kilde: IRTAD+TØI

For motorveje er tallene sammenlignelige, dog skiller Danmark sig ud med markant lavere uhedsfrekvens.

Databasen for øvrige veje ekskl. motorveje er temmelig ufuldstændig. Der er her tale om mere klare forskelle i sikkerhedsniveau mellem landene. Eksempelvis er uhedsrisikoen på det østrigske vejnet godt 80% højere end på det Hollandske.

### **Banetrafik**

For jernbanetransport vil uhedsfrekvenser i form af antal uheld pr togkm blive baseret på DSB's statistik over driftsuheld. Disse værdier vil som udgangspunkt blive anvendt for alle de betragtede net. Der kan blive tale om at indregne en korrektionsfaktor, som udtrykker evt. forskelle i jernbanesikkerheden mellem de enkelte lande.

I forbindelse med Baneplanudvalgets vurdering af et fremtidigt højhastighedstog er der beregnet et risikomål for jernbanetrafik i form af antal personskader pr mio. togkm.

Uheld i kategorien "andre", som typisk omfatter uheld i overkørsler samt ophold ved skinner, er henført til de forskellige togtyper efter deres andel af det samlede trafikarbejde. Denne antagelse er problematisk netop i relation til godstrafikken, da denne typisk foregår i nattimerne, hvor vejtrafikken er beskeden og der derfor er en lavere uheldshyppighed for uheld mellem bil og tog.

Derudover tyder det på at uhedsstatistikkerne for henholdsvis vejtrafik og banetrafik håndterer begrebet "lettere tilskadekomne" forskelligt. For uheld i vejtrafikken skal der en del til for at trafikanten bliver registreret som tilskadekomne – det sker kun hvis der optages politirapport. For banetrafik svarer lettere skader snarere til knubs.

For sammenlignelighedens skyld er det derfor valgt udelukkende at medtage uheld med dræbte og alvorligt tilskadekomne for banetrafikken.

## **8 Konkrete ruter**

Til brug for den konkrete belysning af omkostninger, energiforbrug og miljøbelastning for de forskellige godstransportformer, er udpeget et antal konkrete ruter, på hvilke transporterne skal gennemføres. Ruterne er udvalgt på en sådan måde, at såvel rent nationale transporter (hvor der med fornuft kan peges andre løsninger end rene lastbiltransporter) samt europæiske transporter er blevet undersøgt.



Konkret er følgende ruter blevet valgt:

- a) Øst- Vestdanmark: Københavnsområdet (Glostrup)- Århus
- b) Østdanmark- Baltikum: Københavnsområdet (evt Køge) til Riga
- c) Østdanmark- Hamburg: Københavnsområdet- Hamburg.
- d) Vestdanmark- Ruhr: Århus- Düsseldorf Bilk/Duisburg
- e) Midtsverige- Norditalien: Eskilstuna- Verona/Bologna

For samtlige ruter er gennemregnet transporter udført som rene lastbiltransporter, samt som transporter hvor hovedtransportmidlet er bane eller skib, og da suppleret af en for- og eftertransport med lastbil (evt bane), samt en eller flere håndteringer i terminaler.

Da projektet kun indirekte ser på konkurrencefladen mellem transportløsningerne er eksempelvis tidsforbrug og frekvens ikke en af de parametre der prioriteres i undersøgelsen, omend de vil kunne udtrækkes af databasen.

## 9 Konkrete forsendelsesstørrelser

Beregningerne er blevet koncentreret om forsendelser af størrelsen 1, 10 og 100 tons. At netop disse størrelser er valgt er udtryk for et ønske om at arbejde med forsendelser, der vi kunne transporteres med alle tre hovedtransportmidler. Dog vil en transport af 100 tons ikke kunne gennemføres på en enkelt lastbil, men vil kræve 4-5 lastbiler (afhængig af godstype og ikke mindst kapacitetsudnyttelse på bilen). Omvendt er en transport af 1 ton med skib næppe realistisk, og vil derfor – for alle transportmidler- blive konsolideret til den gennemsnitlige kapacitetsudnyttelse for de pågældende transportmidler.

## 10 Beregningsrutiner

Til brug ved de konkrete beregninger er udviklet et beregningsværktøj, der på overskuelig vis gengiver omkostninger og miljøbelastning for de valgte ruter og transportmiddelkombinationer.

Beregningsværktøjet er opbygget som en interaktiv applikation, hvor beregningsdelen er pakket ind i et grafisk interface. Interfacet består hovedsagligt af et (stort) vindue, som er inddelt i fire dele :

- 1) Generelt.
- 2) Ruter.
- 3) Miljø-effekter.
- 4) Omkostninger.

Inden for applikationen er det i generelle del muligt at vælge forudsætninger om årstal og elproduktion, hvilket har indflydelse på de elektrisk drevne transportmidler.

### **Ruter.**

#### **Rute.**

Vælg hvilken rute, der skal regnes miljø og omkostninger for. Rutens længde vil stå i feltet nedenunder. Hver rute er opdelt i et antal strækninger, som står i strækningslisten længere nede.

### **Strækning.**

Den valgte strækning er markeret i strækningslisten, som indeholder strækningerne på den valgte rute. Længden er angivet ovenover. Hver strækning er inddelt i et antal delstrækninger. I checkboksene nedenunder fremgår det om der sker rangering og/eller løft ved begyndelses- og eller slutpunkt af strækningen.

### **Transportmiddel.**

Der vælges et transportmiddel, som kører/sejler på den valgte strækning. Hvis strækningen er f.eks en vej, vil det kun være muligt at vælge en lastbil, og så fremdeles. Transportmidlets lasteevne vil være anført.

### **Kapacitetsudnyttelse.**

Kapacitetsudnyttelsen for det valgte transportmiddel på den valgte strækning kan justeres ved at trække i potentiometeret. På nuværende tidspunkt kan kapacitetsudnyttelsen vælges frit (heltalligt) mellem 40 og 100 %.

### **Forsendelse.**

Størrelsen af forsendelsen (i hele tons) kan sættes fra 0 til 100 tons. Forsendelsesstørrelsen er uafhængig af rute, strækning og transportmiddel. For alle strækninger hvor forsendelsesstørrelsen overstiger lasteevnen \* kapacitetsudnyttelse for det valgte transportmiddel medfører det, at flere enheder af det valgte transportmiddel tages med i beregningen.

### **Miljø-effekter.**

Der er 7 rækker med hver 4 søjler. I hver række er der angivet en miljø-effekt. : MJ (energiforbrug), CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, HC, Partikler og Uheld. Disse er opgjort pr.

- 1) Km.
- 2) TKm.
- 3) Strækning.
- 4) Rute.

### **Pr. Km.**

Den pågældende effekt opgjort pr. Km, der er kørt med det valgte transportmiddel, kapacitetsudnyttelse og forsendelsesstørrelse på den valgte strækning.

### **Pr. TKm.**

Som pr. Km, men pr. T forsendelse.

### **Strækning.**

Som pr. Km, men ganget med længden af den valgte strækning.

### **Rute.**

Den samlede miljø-effekt for hele den valgte rute. Dvs. For hvert af de valgte transportmidler, kapacitetsudnyttelser for alle strækninger på ruten.

### **MJ**

Energiforbruget i MJ.

### **CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, HC og Partikler.**

Emissioner af de pågældende kemiske forbindelser i gram.

### **Uheld.**

Uheldshyppigheden.

## **Omkostninger.**

Der er 6 rækker med omkostninger : Materiel, leje, rangering, terminalløft, infrastruktur og total omkostning. Disse er opgjort på samme måde som miljø-effekterne (se ovenfor). Bemærk! Rangering, terminal-løft og infrastruktur er ikke opgjort pr. Km eller pr. TKm, men afhængig af den konkrete rute.

### **Materiel.**

Omkostninger ved kørsel med det valgte transportmiddel (materiel).

### **Leje.**

Leje af toget (vogne)+ chartring af skib

### **Rangering.**

Omkostninger ved rangering (af toget). Afhænger af om rangering før/efter er checket af for den valgte strækning.

### **Terminal-løft.**

Omkostninger ved løft af forsendelsen i en terminal. Afhænger af om terminalløft før/efter er checket af for den valgte strækning.

### **Infrastruktur.**

Omkostninger ved at benytte en given strækning. Adgangsafgifter til banenet (vej) samt havne og kanaler.

Beregningerne styres ved at indtaste de forskellige forudsætninger i det nedenfor viste skærbillede, hvorefter der gennemføres en beregning, og de økonomiske såvel som de energi- og miljømæssige effekter af den given transport vises.

**Det skal understreges, at det viste skærbillede med hensyn til resultater er en dummy version, og at de korrekte resultater vil blive vist på Trafikdagene.**

**Godstransportkæder**

**Ruter**

Rute:

Længde:  Stræk:

Transportmiddel:

Lasteevne:

Kapacitetsudnyttelse:

Totalvægt:

Forsendelse:

Rangering:  Før  Efter

Terminal-løft:  Før  Efter

**Generelt**

Årstal:  1996  2005

El-produktion:  Gennemsnitlig  Marginal

	pr. km	pr. Tkm	Strækning	Rute
MJ	0.7818	0.0782	219.67	383.36
CO2 (g)	64.9000	6.4900	18236.90	30364.88
NOx (g)	0.1844	0.0184	51.81	275.02
CO (g)	0.0089	0.0009	2.49	16.92
HC (g)	0.0025	0.0003	0.70	6.66
Partikler (g)	0.0059	0.0006	1.66	5.82
Uheld	--	--	--	--

	pr. km	pr. Tkm	Strækning	Rute
Materiel	0.9250	0.0925	259.93	359.48
Leje	0.0075	0.0007	2.11	2.11
Rangering			17.25	17.25
Terminal-løft			190.00	190.00
Infrastruktur			279.76	279.76
<b>Total</b>	<b>0.9325</b>	<b>0.0933</b>	<b>749.04</b>	<b>848.59</b>

## 11 Afrunding

Projektet om Godstransportkæders miljø- og omkostningsforhold vil når det i September måned er afsluttet forhåbentlig kunne give et yderligere bidrag til forståelsen af omkostningsstrukturen i godstransporten samt de miljømæssige belastninger de forskellige transportformer påfører omgivelserne. Men samtidig har projektet forhåbentlig medvirket til at pege på en række af de aspekter af godstransporten der er mindre klart gennemskuelige, og som derfor må belyses yderligere såfremt det seriøst skal være muligt at ændre ved dagens mønstre.