

# National godsmodel

---

Af Christian Overgård Hansen, DTU Transport

## 1. Indledning

Transportministeriet iværksatte i 2009 udvikling af et nationalt trafikmodelsystem som beslutningsstøtteværktøj for politikere og embedsmænd. Artiklen beskriver godsmodellen, der indgår som en del af den fremtidige nationale trafikmodel. Arbejdet med udvikling af godsmodellen omfatter dataindsamling og modeludvikling. Artiklen fokuserer på metodeudvikling, da dataindsamling belyses i Tønning og Overgård Hansen (2010). Modeludviklingen er kun netop påbegyndt, hvorfor der er tale principper frem for faktisk gennemført modeludvikling.

## 2. Formål

Formålet er at udvikle en "state-of-practice" national godsmodel, som omfatter alle typer af godstransport relateret til Danmark. Det vil sige, i) nationale transporter indenfor Danmarks grænser, ii) internationale transporter mellem Danmark og udlandet, iii) transit transporter igennem Danmark og iv) transporter som potentielt kan blive overflyttet til transit igennem Danmark f.eks. ved en fast forbindelse over Femern Bælt.

Der er indledningsvis gennemført en analyse af hvorvidt eksisterende godsmodeller, som geografisk dækker Danmark eller dele af Danmark, kunne benyttes som udgangspunkt for udvikling af en national godsmodel for Danmark. De relevante modeller omfatter LDK, som er en lastbilmodel udvikling af TetraPlan A/S i 2003, Trans-Tools (Overgård og Sachse, 2009), som er en europæisk trafik model udarbejdet for kommissionen, SAMGODS, som er den svenske nationale godsmodel, og GORM (Holmblad, 2008), som er udarbejdet af DTU Transport til belysning af godstransport i Øresundsregionen. Det gælder for de to først nævnte modeller, at de er for simple og grovmaskede til at kunne udgøre et grundlag for udvikling af en dansk national godsmodel. Den nye version af SAMGODS er endnu ikke frigivet og omfatter ikke nationale godsstrømme i Danmark. GORM indeholder data og principper, som i et vist omfang vil kunne nyttiggøres. Da modellens basisår er 2003, er der dog tale om ældre data, ligesom modelleringen i GORM er forholdsvis simpel. Det er derfor konkluderet, at det er nødvendigt at nyudvikle en national godsmodel for Danmark.

Modellen skal kunne give plausible svar på et bredt spektrum af forventninger til samfundsudvikling, forslag til transportpolitikker og investeringer f.eks. skal den kunne belyse konsekvenser af forskellige økonomisk udviklinger, ny fast forbindelse over Femern Bælt, udbygninger af infrastruktur, ændringer i transportomkostninger og introduktion af modulvognetog.

Den nationale godsmodel udvikles som en selvstændig model under det nationale trafikmodelsystem. Det sker samtidig med, at der er flere grænseflader til den øvrige del af det samlede nationale trafikmodelsystem eksempelvis software platform og rutevalgmodeller.

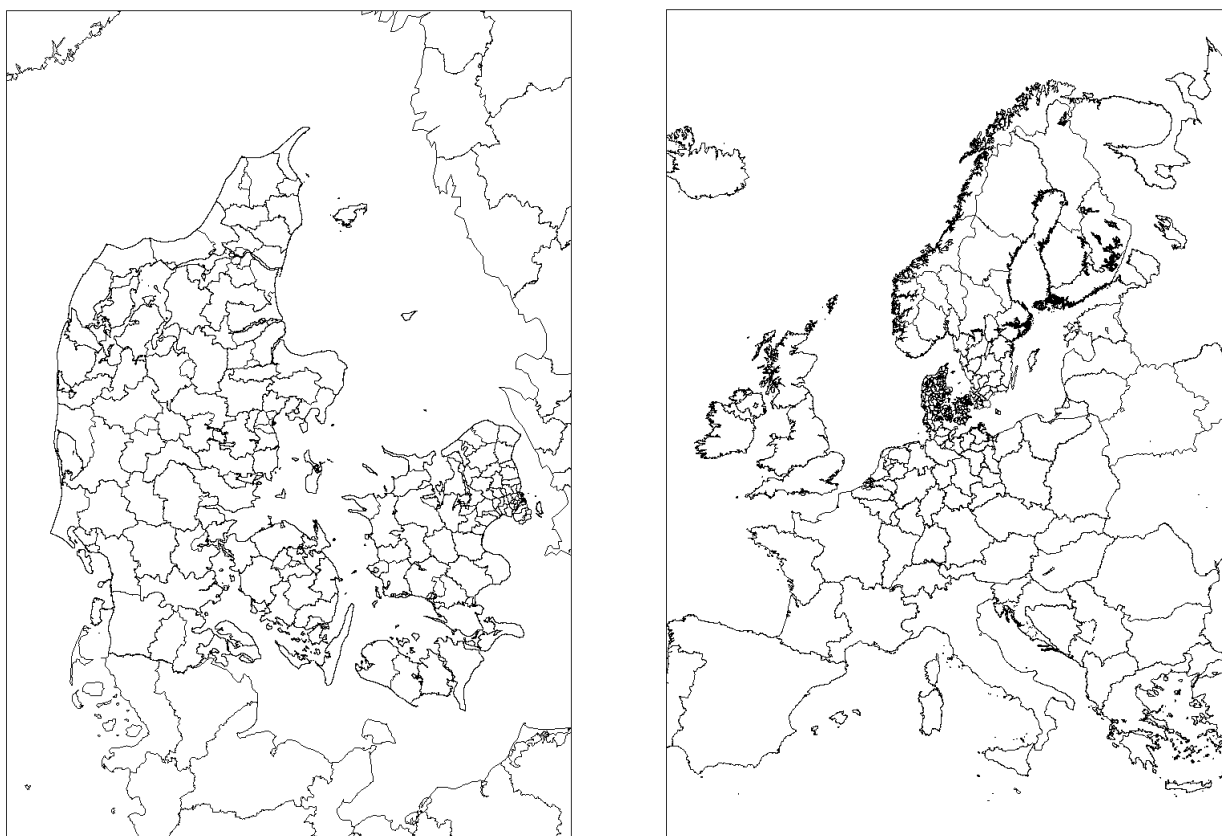
### 3. Grundlag

#### 3.1. Zonesystem

Det er nødvendigt for at kunne beskrive de ønskede transportstrømme, at zonesystemet dækker hele verden. Der er dog kun behov for at medtage godsmængder i relevante zonerelationer, ligesom den største geografiske detaljering er påkrævet i og omkring Danmark.

Danmark opdeles i 176 zoner svarende til underopdelinger af de nuværende kommuner. Det svarer til zoneniveau L1 i det nationale trafikmodelsystem. Det er således mere grovmasket end det forventes i persontrafikmodellen, hvilket primært skyldes de store forskelle i datagrundlag for gods- og persontrafikmodellen. Mens der løbende gennemføres store analyser af danskers transportvaner (TU), findes ikke noget tilsvarende på godsområdet. Det er derfor umuligt at operere med geografisk meget detaljerede godsstrømme i den nationale godsmodel.

Europa udenfor Danmark opdeles i 120 zoner, idet der især af hensyn til prognose af trafik over ny Femern Bælt forbindelse er nødvendig med en vis detaljering i Nordtyskland og Sydsvrige. Den øvrige del af verden inddeles i et mindre antal meget store zoner. Zonesystem for Danmark og øvrige Europa fremgår af figur 1.



Figur 1 Zonesystem i den nationale godsmodel

### 3.2. Vareklassifikation

Godsmodeller, som f.eks. omtalt i afsnit 2, har traditionelt være baseret på NST-klassifikationen. Imidlertid er bl.a. Danmarks Statistik begyndt at anvende en ny klassifikation NST2007, som i højere grad bygger på en kobling til økonomiske indikatorer. Da det forventes, at denne klassifikation i fremtiden anvendes i stigende grad i Danmark og EU, er det besluttet at lægge det til grund for vareklassifikationen.

NST2007 består af 20 divisioner, der er opdelt i 81 grupper. Figur 2 indeholder et forslag til 23 varegrupper i den nationale godsmodel, idet varegrupperne 2, 21, 3, 22, og 23 er underopdeling af divisionerne i NST2007 af hensyn til mængdernes størrelse og transportadfærd.

Ulempen ved at basere klassifikationen på NST2007 er en vanskelig kobling til andre vareklassifikationer (f.eks. NST/R, SITC og CTSE). Der sket en betydelig ændring i definition af selve varegrupperne i forhold til eksempelvis NST/R, hvilket medfører, at det er svært at aggregere varegrupperne fra NST/R til NST2007.

Gruppe	Beskrivelse
1	Produkter fra landbrug, jagt og skovbrug; fisk og fiskeprodukter
2	Stenkul og brunkul
21	Råolie og naturgas
3	Metalmalm samt uran og thorium
22	Gødning (naturligt og kemisk)
23	Sten, sand, grus, ler, tørv, salt og andre produkter fra råstofudvinding i.a.n.
4	Fødevarer, drikkevarer og tobaksprodukter
5	Tekstiler og beklædningsartikler; læder og lædervarer
6	Træ og varer af træ og kork (undtagen møbler); varer af strå og flettematerialer; papirmasse, papir og papirvarer; trykt materiale og indspillede medier
7	Koks og raffinerede mineralolieprodukter
8	Kemiske produkter og kemofibre (undtagen gødningsstoffer); gummi- og plastprodukter; nukleart brændsel
9	Andre ikke-metalholdige mineralske produkter
10	Metal; færdige metalprodukter, undtagen maskiner og udstyr
11	Maskiner og udstyr i.a.n.; kontormaskiner og computere; elektriske maskiner og apparater i.a.n.; telemateriel; medicinske instrumenter, præcisionsinstrumenter og optiske instrumenter; ure
12	Transportmidler
13	Møbler; andre færdigvarer i.a.n.
14	Sekundære råmaterialer; kommunalt affald og andet affald
15	Breve, pakker
16	Udstyr og materiel til godstransport
17	Gods, der flyttes i forbindelse med privat flytning og kontorflytning; bagage, der transporteres adskilt fra passagerer; motorkøretøjer, der flyttes med henblik på reparation; andet gods, der ikke er bestemt til markedet i.a.n.
18	Samlegods: En blanding af forskellige typer gods, som transporteres samlet
19	Uidentificerbart gods: Gods, som af en hvilken som helst grund ikke kan identificeres og derfor ikke kan henføres under gruppe 01-16
20	Andet gods i.a.n.

Figur 2 Vareklassifikation i den nationale godsmodel

### 3.3. Transportmidler

Modellen omfatter godstransport med varebil, lastbil, tog og skib. Rørtransport medtages som singulære transportstrømme for at kunne beskrive de store mængder af gas- og olie, som føres til og fra udlandet. Derimod medtages lufttransport ikke, da det udgør meget små mængder. Der gennemføres en underopdeling af bil-, tog og skibstyper og lastbæreenheder f.eks. container, da det har stor betydning for logistik, omkostninger og konkurrenceflader mellem transportformerne. Det kan eksempelvis nævnes, at der i den svenske godsmodel SAMGODS anvendes en underopdeling af lastbiler i 5 grupper, godstog i 9 grupper og skibe i 21 grupper.

### 3.4. Basisår

2010 anvendes som basisår for det nationale trafikmodelsystem. Det betyder, at der på basis af dataindsamlinger opstilles godsmatricer, som beskriver godstransporten i 2010. De benyttes i en pivot-point korrektion, således at godsmodellen beregner relative ændringer i mellem prognoseår og basisår som skales med de opstillede godsmatricer i basisåret.

Basismatricernes opstilles som såkaldte production-wholesale-consumption (PWC) matricer. Det vil sige, at de beskriver en retningsorienteret transportkæde af ton opdelt på varegrupper fra produktionszone til zone, hvor varen bruges eller afsættes til anden produktion. Engrosaktiviteter (wholesale) kan inkluderes i tilknytning ved enten produktions- eller forbrugszone. Der anvendes en PWC-beskrivelse frem for en simpel OD-beskrivelse (kun start- og slutsted for deltransport), da det repræsenterer handelsmønstret som grundlag for transport.

## 4. Modelstruktur

Godsmodellen indeholder overordnet set tre komponenter:

1. Handelsmodel
2. Logistikmodel
3. Rutevalgsmodeller

De forventes indbyrdes koblet med frem- og tilbage loops. Godsstrømme mellem zoner opdelt på varegrupper beregnes i handelsmodellen, som er grundlag for opdeling af godsstrømme i transportmiddelopdelte deltransporter i logistikmodellen. Det fødes til rutevalgsmodellerne, som udlægger transporterne i de respektive net. I den modsatte rækkefølge anvendes rutevalgsmodellerne til beregning af omkostninger og transporttider opdelt på transportmidler, som danner grundlag for beregning af de logistiske effekter i logistikmodellen. Det kan aggregeres til samlede tilgængelighedsmål (logsum), som kan anvendes i handelsmodellen til fordeling af godsstrømme mellem zoner.

### 4.1. Handelsmodel

Formålet med handelsmodellen er at beregne ændringer i varestrømme mellem modellens zoner. Det kræver en belysning af drivkræfter bag transportefterspørgsel dels nationalt og dels internationalt. Eksempelvis viser mange tidligere studier, at transportefterspørgsel er stærkt korreleret med udvikling i økonomisk aktivitet og fysisk produktion. Der er også andre faktorer som f.eks. handelsrestriktioner og infrastruktur, som har betydning for handel af varer. Modellen er på indeværende tidspunkt endnu ikke afklaret, men vil formodentlig baseres på en dobbelt afstemt gravitationsmodel.

Det er som noget specielt nødvendigt at tage hensyn til transport af f.eks. affald (varegruppe 14), som ikke har nogen værdi i den økonomiske statistik, da det udgør relativt mange transporter. Eksempelvis producerer hver dansker omkring 800 kg affald pr. år.

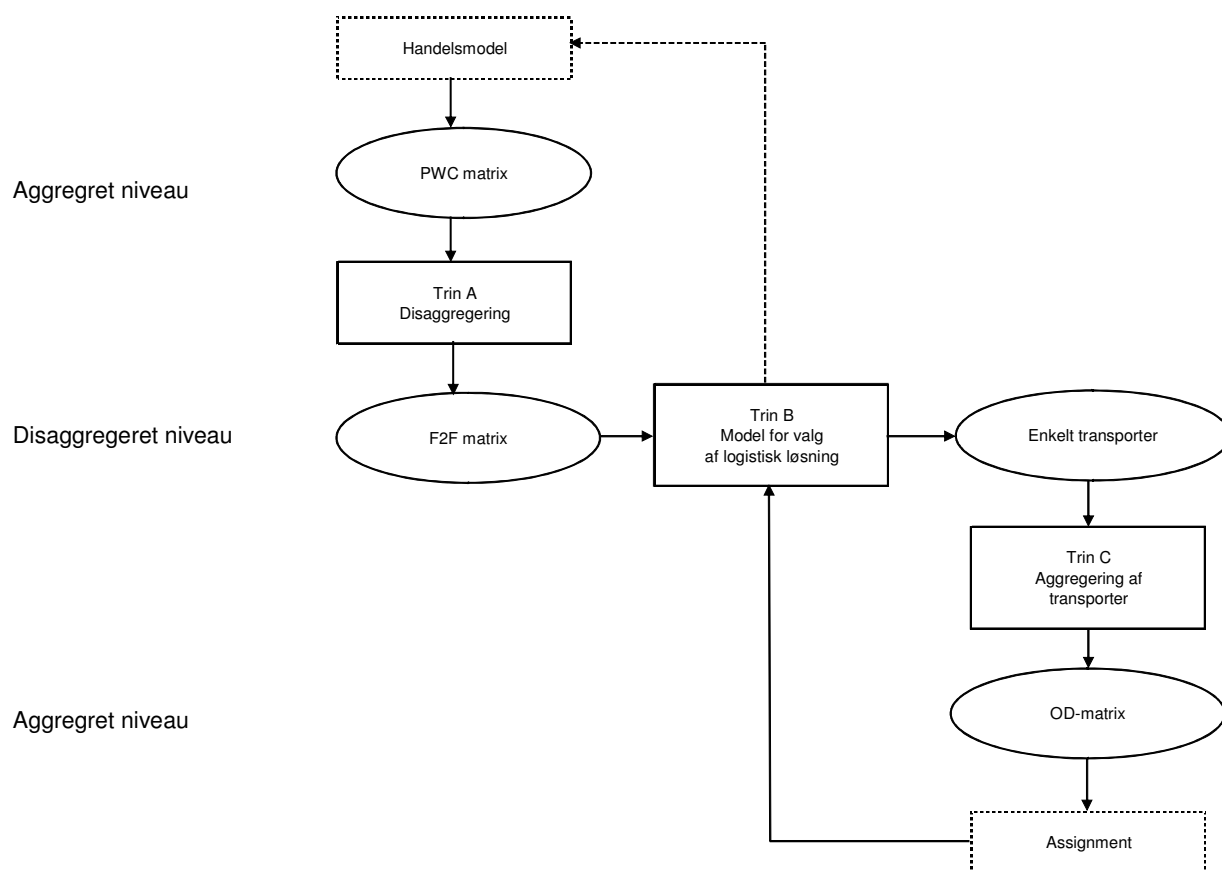
## 4.2. Logistik model

Grundlæggende følger logistikmodellen principperne i den svenske og norske nationale godsmodel, således at de høstede erfaringer fra opstilling af logistikmodeller i de to lanade nyttiggøres. Det kan endvidere nævnes, at revision af den europæiske trafikmodel Trans-Tools, som påbegyndes i 2011, også vil omfatte opbygning af logistikmodel efter lignede principper.

Logistikmodellen får PWC-matricer som input fra handelsmodellen og producerer OD-matricer til rutevalgsmodellerne. Logistikmodellen omfatter tre beregningstrin:

- A. Disaggregering af PWC-varestrømme til firmaniveau
- B. Model for logistiske valg på firmaniveau
- C. Aggregering af transporter fra firmaniveau til OD-matricer

Figur 3 viser beregningsgangen fra aggregeret niveau til disaggregeret niveau og tilbage til aggregeret niveau. Udlægning af PWC-matricer i net vil være forkert. Eksempelvis vil en transport, som foregår med varebil til konsolidering, lastbil til et distributionscenter afsluttende med omladning til varebil til distributionskørsel, blive udlagt som en enkelt lastbiltransport på basis af PWC-matrix. Logistikmodellen ombryder det til tre deltransport (varebil, lastbil og varebil), så transporterne kan udlægges mere korrekt i vejnettet.



### Figur 3 Beregningstrin i logistikmodellen

PWC-matricerne indeholder tonmængder pr. varegruppe mellem produktionszone og forbrugerzone. Beregningstrin A omdanner matricerne fra zone-til-zone varestrømme til "firma-til-firma" (F2F) varestrømme, så den logistiske adfærd kan modelleres på beslutningsniveauet. Det er vigtigt for ikke at overvurdere de logistiske effekter f.eks. mulighederne for konsolidering af vare mellem to zoner. Det er en deterministisk model, hvor tonmængder mellem to zoner underopdeles på basis af oplysninger fra erhvervsregister om antal virksomheder og antal ansatte opdelt på brancher. Der er således ikke tale om en reel observeret kortlægning af varestrømme mellem firmaer, men en syntetisk underopdeling til brug for disaggregeret logistiske beslutningsmodel. Da der i Danmark er knap 700.000 registrerede virksomheder, vil der alene med få relationer pr. virksomheder være millioner af F2F-relationer. Det forventes derfor af hensyn til beregningstid nødvendigt at benytte "sample enumeration", hvor en stikprøve af F2F-relationer modelleres og opregnes.

Selve logistikmodellen (beregningstrin B) omfatter beslutninger vedrørende:

- Forsendelsesstørrelse og transporthyppighed.
- Valg af lastbæreenhed f.eks. container.
- Anvendelse af distributionscenter, terminal og havne. Det forudsættes at lokalisering kendes, så modellen bestemmer brugen af dem. Brugeren kan i scenarier valgfrit ændre placering af distributionscentre, terminaler og havne.
- Beregning af transportmiddelvalg for hver deltransport i transportkæden.
- Beregning af overfartssted f.eks. mellem en fast forbindelse og færgeruter.

De logistiske beslutninger modelleres på basis af en minimering af de samlede logistiske omkostninger. De samlede logistiske omkostninger  $G$  for forsendelse af størrelse  $z$  indenfor varegruppe  $k$  mellem firma  $m$  i zone  $r$  og firma  $n$  i zone  $s$  i en transportkæde  $l$  (deltransporter opdelt på transportmiddel og type, lastbæreenhed og omladningspunkter) er givet ved:

$$G_{rskmnzl} = O_{kz} + T_{rskzl} + D_k + Y_{rskl} + I_{kz} + K_{kz} + Z_{rskz} \quad (1)$$

hvor  $O$  er omkostninger til placering af ordre,  $T$  er omkostninger til transport, konsolidering og distribution,  $D$  er omkostninger forårsaget af beskadigelse under transport,  $Y$  er kapitalomkostninger under transport,  $I$  er lageromkostninger,  $K$  er kapitalomkostninger ved oplagring og  $Z$  er omkostninger så varelager ikke løber tom ("stockout"). Det noteres, at omkostningerne ikke forventes at afhænge af de enkelte firmaer ( $m$  og  $n$ ).

Ovenstående udtryk (1) kan omskrives til følgende:

$$G_{rskmnzl} = o_k \frac{Q_k}{q_k} + T_{rskzl} + ijgv_k Q_k + \frac{it_{rsl} v_k Q_k}{365} + \frac{w_k q_k}{2} + \frac{iv_k q_k}{2} + af(LT, \sigma_{LT}, Q_k, \sigma_{Q_k}) \quad (2)$$

hvor  $o$  er en konstant enhedsomkostning pr. bestilling,  $Q$  er den årlige efterspørgsel (ton pr. år),  $q$  er den gennemsnitlige forsendelsesstørrelse,  $i$  er diskonteringsrente,  $j$  er andel som tabes eller beskadiges under transport,  $g$  er periode før betaling af skade modtages,  $v$  er varens værdi pr. ton,  $t$  er den gennemsnitlige transport tid,  $w$  er omkostning til oplagring,  $a$  er en konstant,  $LT$  er den forventede tid til genopbygning af tømt lager, mens  $\sigma$  er variation.

Udtrykket (2) estimeres ved hjælp af en model af logit-typen, hvor der til (2) lægges et stokastisk fejled til beskrivelse af ikke forklarede variabler. Da flere af de indgående størrelse ikke kendes og oplysninger formodentlig ikke kan indsamle, må de estimeres ud fra data f.eks.:

$$G_{\text{rskmnzl}} = \beta_{0zl} + \beta_1 \frac{Q_k}{q_k} + T_{\text{rskzl}} + \beta_2 j g v_k Q_k + \beta_3 \frac{t_{\text{rsl}} v_k Q_k}{365} + \beta_4 \frac{q_k}{2} + \beta_5 \frac{v_k q_k}{2} + a f(LT, \sigma_{LT}, Q_k, \sigma_{Q_k}) + \varepsilon$$

hvor  $\beta$ 'er er parameterværdier som estimeres ud fra data. Data til estimation omfatter data indsamlet i forbindelse med analyser af trafik i havne nord og syd for Østersøsnit, virksomhedsinterview, den svenske godstrømsanalyse (VFU) og eventuelt Kørebogsanalysen.

I det sidste beregningstrin (beregningstrin C) aggregeres til OD-matricer. Det vil sige matricer, som beskriver unimodale deltransporter mellem zoner. Det skal omregnes til køretøjer og lastbæreenheder, hvortil skal lægges tomkørsel. Det forventes, at tomkørsel bestemmes ved balancering af hjemture i forhold til udture på basis af angivne andele af tomture.

#### 4.3. Rutevalgsmodeller

Formålet med rutevalgsmodeller er at udlægge de unimodale deltransport fra logistikmodellen i net og beregne tider og omkostninger. Der fravælges af hensyn til kompleksitet og beregningstid at tage hensyn til trængsel på veje, således at tider som fødes fra rutevalgsmodellen til logistikmodellen ikke indeholder trængsel på vejene.

Indenlandske vare- og lastbilture udlægges formodentlig simultant med personbiler fra persontrafikmodellen. De internationale vare- og lastbilture udlægges ved hjælp af en restriktiv rutevalgsmodel, hvor logistikmodellen benyttes til beregning af valg mellem fast forbindelse f.eks. Femern Bælt forbindelse og sæt af mulige færgeruter. Rutevalgsmodellen beregner omkostninger og tider for de to alternativer (bro/tunnel versus færger) samt valg mellem færgeruterne.

I udlægning af banetransporter skelnes mellem kombineret banetransport, som typisk følger faste køreplaner, og konventionel banetransport, som tilrettelægges ud fra efterspørgsel.

Bulktransport med skib udlægges ikke i net, da det er efterspørgselsstyret uden faste sejlplaner. Container- og RoRo-ruter indlægges i modellen. Der vil dog ikke være tale om egentlig rutevalgsberegninger, da logistikmodellen som output producerer transportmængder opdelt på varegrupper, lastbæreenheder og skibstyper mellem havne.

## 7. Referencer

Tønning, A. og C. Overgård Hansen. *Dataindsamling til den nationale godsmodel*. Trafikdage 2010, Aalborg

Mikal Holmblad. En godstrafikmodel for Øresundsregionen – GORM 1.1. Model og beregninger. Trafikdage 2008, Aalborg

Overgård Hansen C. og C. Sachse. Trafikmodeller til brug for analyser af transport i Øresundsregionen. Trafikdage 2009, Aalborg