

# En godstrafikmodel for Øresundsregionen – GORM 1.1 Model og beregninger

Mikal Holmblad

DTU Transport, Bygningstorvet 116 Vest, 2800 Kgs. Lyngby  
*mhb@transport.dtu.dk*

## Resume

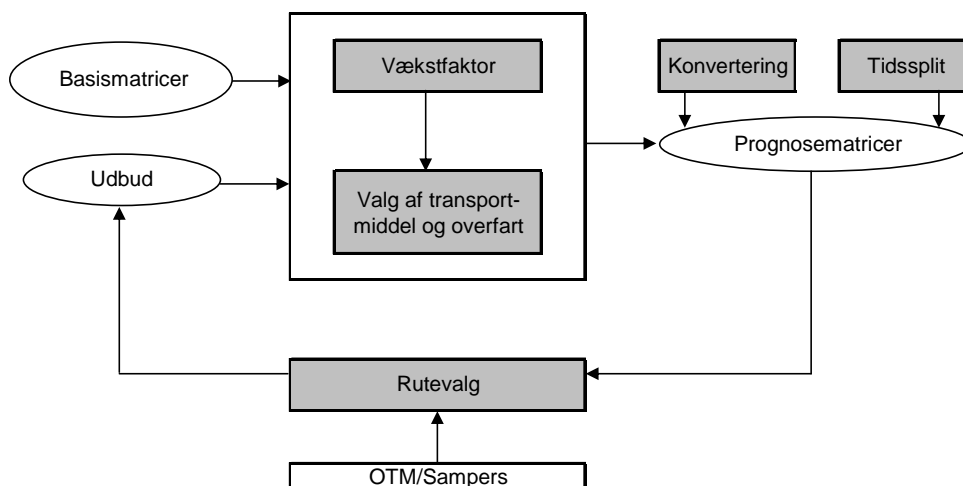
Dette papir gennemgår summarisk opbygningen af godstrafikmodellen GORM 1.1, og implementeringen af PC-modellen i ArcGIS's ModelBuilder miljø. Desuden præsenteres et par eksempler på modellens foreløbige resultater.

## Indledning

I 2005 påbegyndte det daværende Danmarks TransportForskning (DTF) og Center for Trafik og Transport (CTT), der nu tilsammen udgør DTU Transport, et projekt med støtte fra Interreg IIIA programmet for Øresundsregionen og med bidrag fra og i samarbejde med flere danske og svenske partnere at udvikle en godstrafikmodel for Øresundsregionen. Projektet havde til formål at styrke samarbejdet omkring den trafikmæssige planlægning i regionen gennem arbejdet med udvikling af en PC-baseret godstrafikmodel med fokus på godsstrømme af betydning for Øresundsregionen. Det er tanken, at modellens modulære opbygning og implementering omkring ArcGIS-modelrammen vil udgøre et attraktivt brugermiljø og en bæredygtig platform for løbende implementering af eventuelt forbedrede moduler for eksisterende delmodeller og udbygning med yderligere modelfaciliteter. Detaljeret dokumentation af modellen er tilgængelig på ModelCenter's hjemmeside [1].

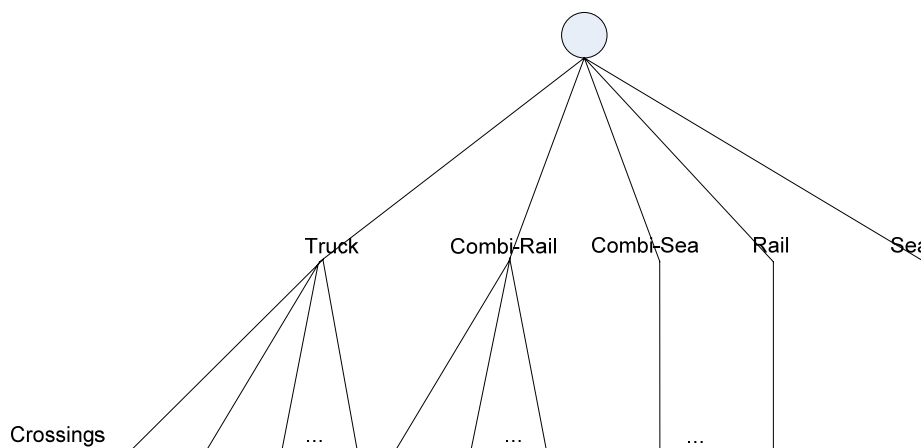
## Modellens opbygning

Modellen er overordnet forholdsvis simpel i sin struktur som vist i figur 1. Basismatricerne [2] fremskrives med en simpel Furness-balancerings vækstfaktormodel med eksogent input for tilvæksten i zonerne's produktion og attraktion af godstransport.



Figur 1: Godstrafikmodellen GORM's overordnede struktur.

De fremskrevne godsstrømme fordeles på transportmidler (og overfarter for lastbil og jernbane) med en model med kombineret valg af transportmiddel og overfart(er). Denne er segmenteret i 13 parallelle delmodeller - én for hver varegruppe (c), der hver er opbygget som en nested logit model (figur 2) med alternativ specifikke konstanter for kalibrering af den totale modefordeling i varegruppen ( $\mu_{m,c}$ ), samt alternativ specifikke konstanter for kalibrering for totalmængden for alle varegrupper ( $\kappa_q$ ) på hver af modellens overfarter (q).



Figur 2: Nesting struktur i modellen for valg af transportmiddel (og overfart).

Nyttefunktionen er for alle 13 delmodeller af formen:

$$(1) \quad V_{m,q,c} = \beta_{m,c}^{(s)} \cdot TTimeS_{m,q} + \beta_{m,c}^{(l)} \cdot TTimeL_{m,q} + \beta_{m,c}^{(c)} \cdot \log(TCost_{m,q} + 1) + \mu_{m,c} + \kappa_q,$$

hvor  $TCost$  er den direkte monetære omkostning for transporten. For tidskomponenten skelnes mellem "korte"(s) og "lange" (l) ture:

$$(2a) \quad TTimeS_{m,q} = 1_{Dist < D^*} \cdot \left[ \log(InvTime_{m,q} + 1) + \gamma_{m,c} \cdot \log(WaitTime_{m,q} + 1) \right]$$

$$(2b) \quad TTimeL_{m,q} = 1_{Dist \geq D^*} \cdot \left[ \log(InvTime_{m,q} + 1) + \lambda_{m,c} \cdot \log(WaitTime_{m,q} + 1) \right],$$

og mellem "In vehicle time" (InvTime) og "Waiting time" (WaitTime).

Lastbiltransporten omregnes til lastede lastbilture ( $L_{ij\pi}$ ) med en konverteringsmodel baseret på en geografisk segmenteret (fast) lastbiltypefordelingsnøgle med 8 lastbiltyper og gennemsnitlig last for hver lastbiltype og varegruppe. Tomkørsel ( $E_{ij\pi}$ ) adderes efterfølgende baseret på en tomkørselsmodel af typen:

$$(3) \quad T_{ij} = L_{ij} + E_{ij} = L_{ij} + L_{ji} \cdot \left[ \alpha_{\pi} \cdot \exp(-\gamma_{\pi} \cdot d_{ij}) + \beta_{\pi} \right],$$

hvor  $\alpha_{\pi} + \beta_{\pi} = 1$ , og  $d_{ij}$  er vejafstanden mellem zonerne.

Efterfølgende balanceres det totale antal ture ( $T_{ij\pi}$ ), så der ikke "ophobes" lastbiler i zonerne.

Mængderne med kombineret skibstransport og kombineret banetransport omregnes ligeledes til lastbilture, således at til- og frabringetransport også udlægges i vejnettet.

Endelig segmenteres lastbilturmatricerne hverdagsdøgnetrafik (200 dage) inddelt i tidssperioderne: morgenmyldretid (7-9), dagtimer (9-15), eftermiddags-myldretid (15-18) og nat (18-7), samt øvrig døgnetrafik (165 dage).

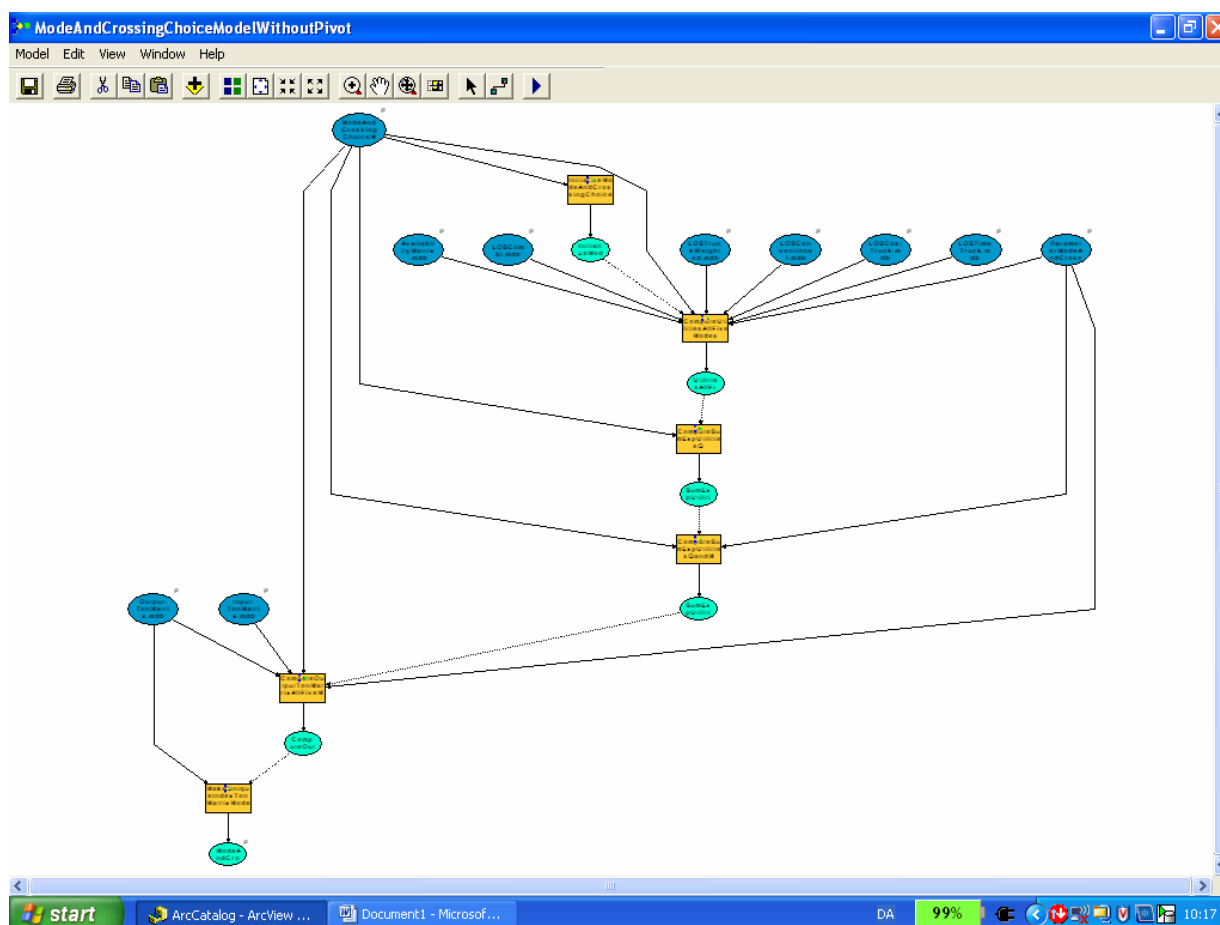
Konventionel banetransport og konventionel skibstransport udlægges ikke i net. Ture med lastbil, kombineret banetransport og kombineret skibstransport udlægges som trafik i et multimodalt net for vej, bane og skib. Først udlægges kombineret skibstransport og de hermed forbundne lastbilture "prelades" sammen med bustrafik i vejnettet. Herefter udlægges kombinerede turmatricer for kombineret bane og lastbil, samt importerede turmatricer for person- og varebilstrafik i Hovedstadsområdet (OTM) og Region Skåne (SAMPERS) således, at modellen omfatter den samlede vejtrafik og dermed kan modellere betydningen af trængsel i disse områder. Efterfølgende genberegnes udbudsdata (transporttid og omkostninger) til

brug for delmodellen for valg af transportmiddel og overfart, hvorfor modelsystemet afvikles i et antal iterative loops.

## Implementering

Trafikmodellen er implementeret som en PC-databasemodel (MS-Access), hvor beregninger med modellen gennemføres i ESRI's ArcGIS ModelBuilder miljø med anvendelse af ArcGIS værktøjer og en række trafikmodelværktøjer (Traffic Analyst) udviklet af Rapidis aps.

Figur 3 nedenfor viser et eksempel på brugergrænsefladen til den delmodel, som beregner nyttefunktioner til modellen for valg af transportmiddel og overfarter. I de blå "ovaler" adresseres input (eksempelvis en database, tabelnavn, sti, parameter, mv.) der anvendes i beregningsmodulerne (de gule rektangler). Hvert beregningsmodul kan indeholde yderligere beregningsmoduler, der umiddelbart kan tilgås og inspiceres ved editering af modulet. Store dele af modellen er kodet som SQL'er og den åbne implementering betyder at modellens detaljerede struktur (SQL-kode, brug af værktøjer og dataflow) er tilgængelig for brugeren.

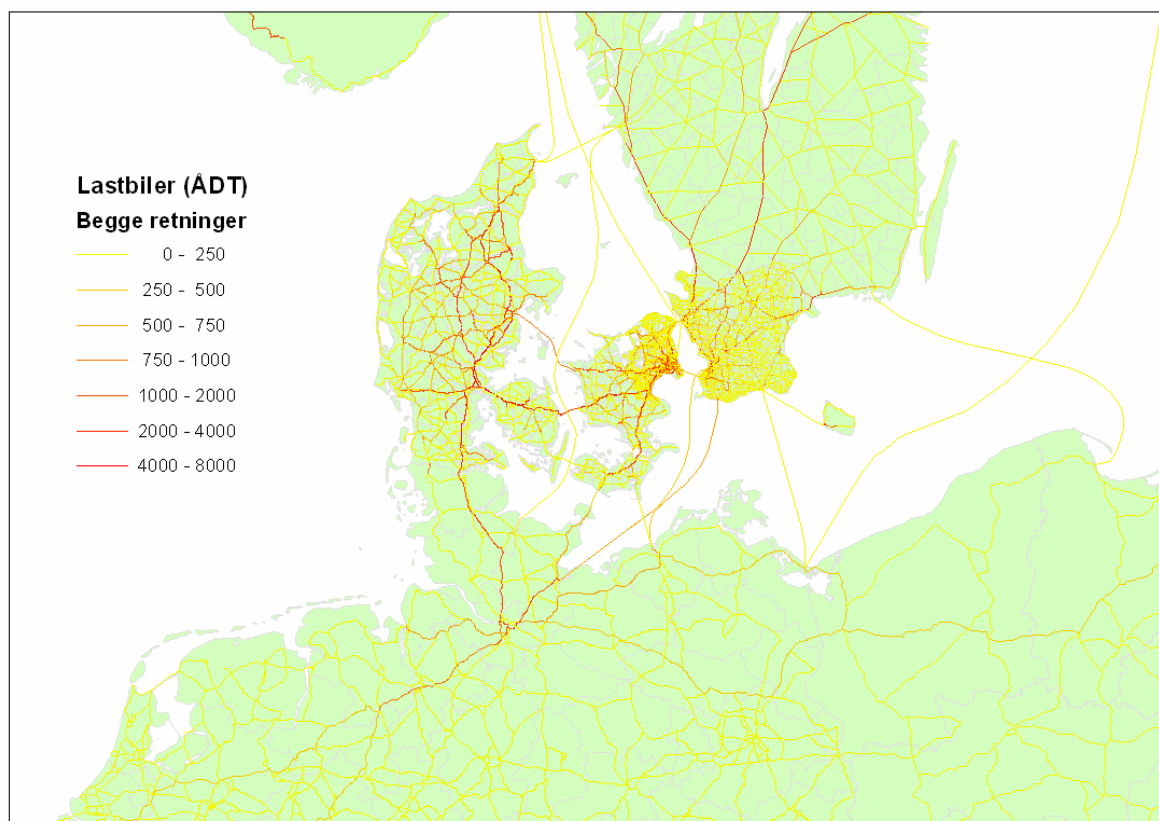


Figur 3: Eksempel på GORM-brugergrænsefladen i ModelBuilder.

Selvom GORM er en forholdsvis simpel model er afvikling af modellen ganske CPU- og hukommelseskrævende. Eksempelvis tager en scenarieberegning med et iterativt loop for LOS-beregningen omkring 3 døgn på en 2 GHz/3 GB RAM PC. Herudover kræves ca. 14 GB fri HD-plads på beregningsmaskinen og tilsvarende til lagring af beregningsresultatet, idet det er valgt at gemme det samlede input og output for hvert beregningsscenarie.

## Resultater

I det følgende præsenteres en række foreløbige beregninger med modellen. Det har i skrivende stund endnu ikke været muligt at gennemføre modelberegninger for interessante fremtidsscenerier, hvorfor de viste resultater er den samlede models (foreløbige) beregningsresultat for basisår 2003 situationen.

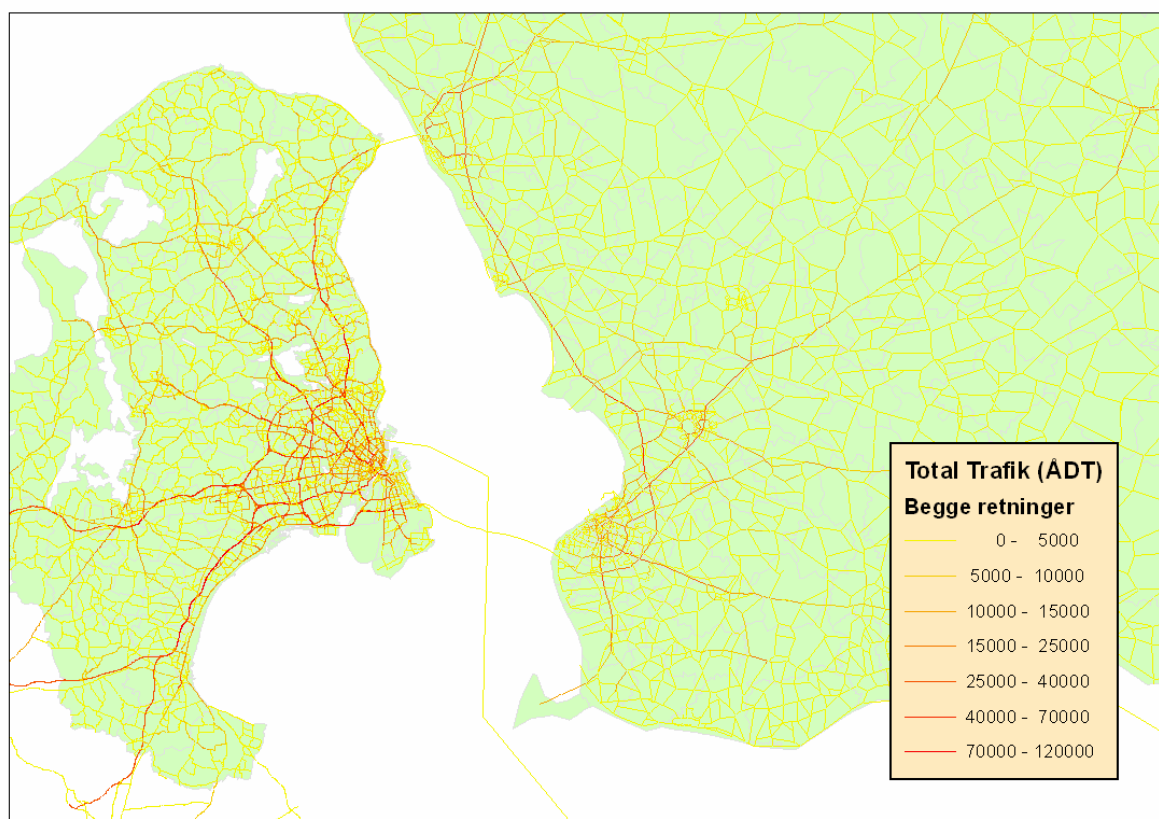


Figur 4: GORM beregnet ÅDT 2003 for lastbiler..

Figur 4 viser den modelberegnete ÅDT for lastbiler (sum af begge retninger) for år 2003. I Øresundsregionen (Storkøbenhavn og Region Skåne) omfatter GORM ligeledes person- og varebiltransport, og figur 5 viser den modelberegnete ÅDT (sum af alle køretøjer i begge retninger).

Det årlige trafikarbejde 2003 inden for Danmarks grænser med lastbil beregnes til ca. 2.1 mia. km. (eksklusive zoneintern trafik, der kan estimeres til ca. 0,5 mia. km. baseret på zoneareal og interne ture). Heraf afvikles 850 mio. km. på 'motorvej', 550 mio. km. på 'hovedlandevej', 440 mio. km. på 'regionale veje' og de resterende 250 mio. km. på 'lokale veje'.

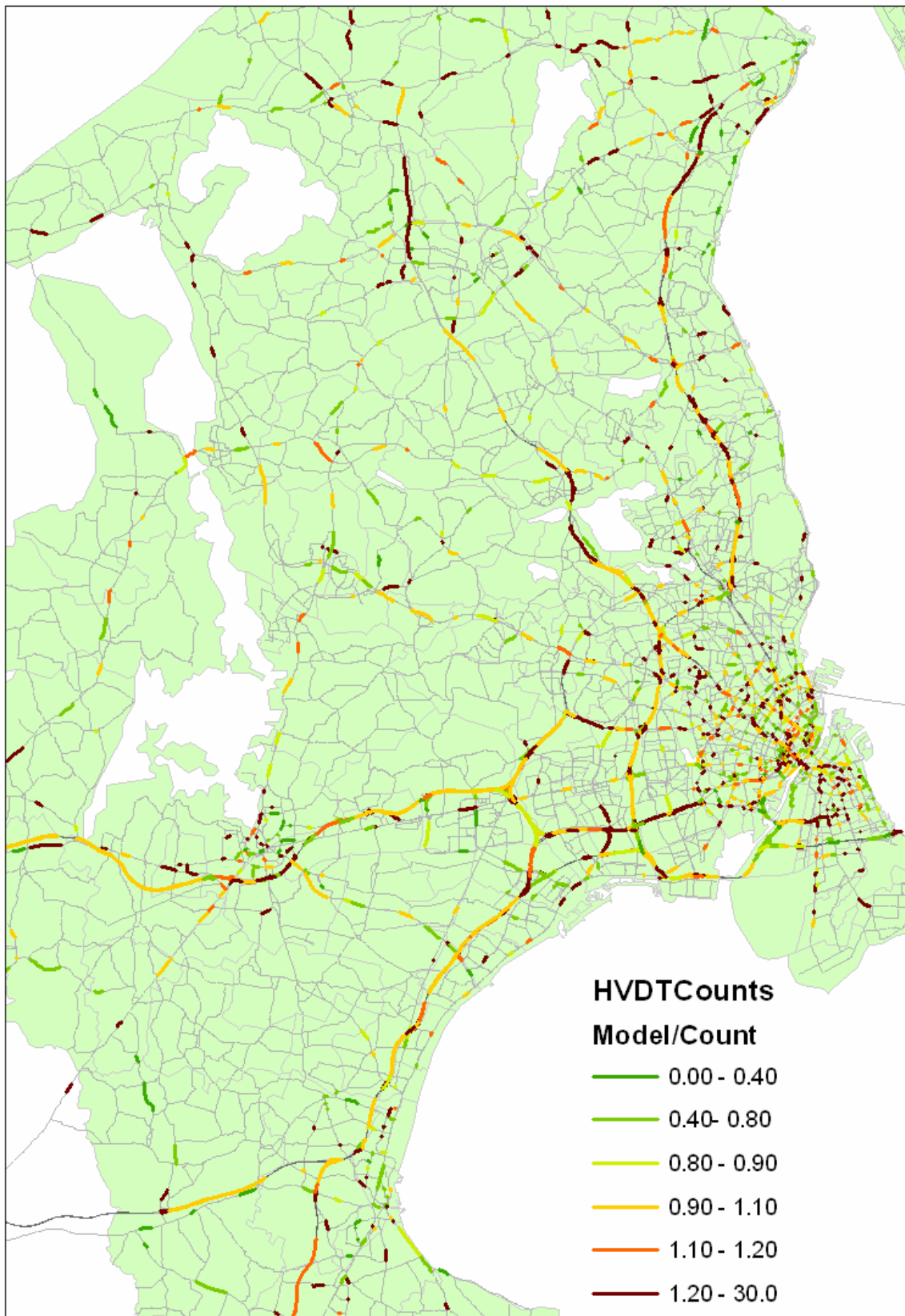
Baseret på Vejdirektoratet's tællinger er trafikarbejdet på det ny statsvejnet i 2003 med tunge køretøjer (totalvægt over 3.5 ton) opgjort til ca. 2.2 mia. km. Antages statsvejnettet sammenligneligt med 'motorvej' og 'hovedlandevej' beregner GORM således ca. 1.4 mia. km. med lastbiler (over 6 ton totalvægt) på "statsvejnettet", og det synes ikke helt urimeligt, at de resterende ca. 0.8 mia. km. i tællingerne udgøres af store varebiler, busser, trailere og campingvogne m.v. Tilsvarende opgør SBI trafikarbejdet med danske lastbiler inden for landets grænser i år 2003 til 2.2 mia. km. Ved sammenligning med det samlede trafikarbejde beregnet med GORM på  $2.1 + 0.5 = 2.6$  mia. km., skal SBI trafikarbejdet suppleres med de udenlandske lastbilers kørsel i Danmark, hvor ca. 0.4 mia. km. ikke synes helt ved siden af. Med SENEX-modellen [3] beregnes eksempelvis et trafikarbejde for international kørsel inden for Danmarks grænser på ca. 500 mio. km. og det er rimeligt at antage en 50/50 fordeling på danske og udenlandske lastbiler.



Figur 5: GORM beregnet ÅDT 2003 (alle køretøjer) i Øresundsregionen.

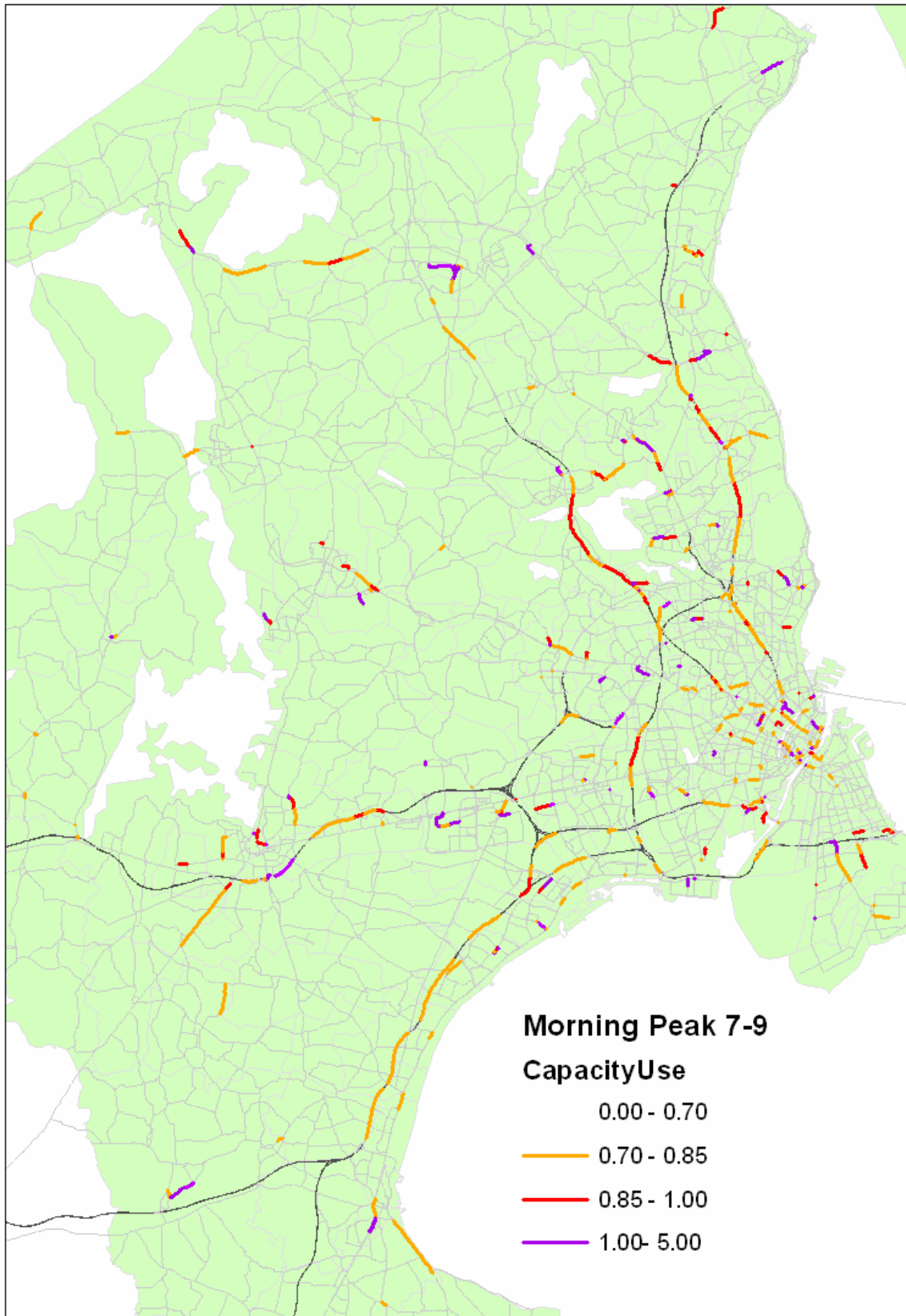
Den GORM beregnede ÅDT 2003 er i figur 6 sammenholdt med diverse trafiktælledata for Hovedstadsområdet, vist som forholdet mellem modelberegning og tælling på strækningen. Overordnet reproduceres tællingerne indenfor ca. +/- 20 %, omend der (foreløbigt) også er væsentlige afvigelser. Det skal dog understreges, at trafikmodellen endnu ikke er kalibreret og hovedparten af de viste store afvigelser (lilla) kan direkte relateres til placering af zoneophæng. Det bemærkes yderligere, at modellen på mindre betydningsfulde veje og indre by ikke kan forventes at reproducere tællinger på strækningsniveau. Specielt i indre by er den beregnede trafik væsentligt influeret af (tilfældige) detaljer omkring zoneophæng, zonestrukturen, samt anvendelsen af middelværdier og syntetisk information i turmatricen på dette meget detaljerede geografiske niveau.

Idet GORM i Øresundsregionen omfatter alle køretøjer er det muligt at sammenholde den beregnede trafik med kapaciteten i vejnettet. Dette er illustreret for morgenmyldretidstrafikken 2003 i figur 7. Begyndende trængsel indtræder erfaringsmæssigt, når trafikken udgør ca. 70 % af vejkapaciteten, og strækningsbelastninger under 70 % er derfor ikke vist. Som ventet ses trængsel på Køge Bugt motorvejen, Helsingør motorvejen syd for Isterød, samt på Ring III. Trafikmodellen medtager i Øresundsregionen kapacitetsforhold, men modellerer ikke en resulterende kødannelse ved store belastninger, hvorfor trængslen i virkeligheden vil være mere udtalt end det umiddelbart fremgår af figur 6. Jævnfør ovenstående bemærkninger vedrørende kalibrering skal det også bemærkes, at en del tilsyneladende belastede strækninger er uvirkelige og knyttet til placering af zoneophæng. Dette gælder den "løsrevne" og lokalt meget afgrænsede trængsel og formodentlig også for belastningen af Hillerød-motorvejen omkring Værløse og Holbæk-motorvejen omkring Roskilde.



Figur 6: Forholdet mellem modelberegnet trafik og tælledata for alle køretøjer for et hverdagsdøgn (HVDT).





Figur 7: Modelberegnet morgenmyldretidstrafik (alle køretøjer) år 2003 i forhold til strækningskapaciteter.

## Konklusion

Der er i dette papir givet eksempler på beregninger med godstrafikmodellen GORM for basisåret 2003. Modellen giver i sin nuværende stand et rimeligt billede af lastbiltrafikken i Hovedstadsområdet (og Region Skåne) med de forbehold og begrænsninger, som er forventelige for en trafikmodel af den aktuelle type. Godstrafikmodellen GORM foreligger endnu ikke i en egentlig brugerversion forberedt for beregning af fremtidsscenarier. Dels udestår en kalibrering af netværk (zoneophæng), og dels er kalibreringskonstanterne i delmodellen for valg af transportermiddel og overfarter kun foreløbigt bestemt. Eksempelvis er anvendelsen af alternativspecifikke konstanter for kalibrering til transportere på overfarter et problematisk træk ved modellen, idet en metode for fastlæggelse af disse alternative specifikke konstanter for endnu ikke eksisterende overfarter er diskutabel og ikke umiddelbart indlysende og lige til, i særdeleshed, hvis der i dag hverken eksisterer en bro eller en færgeforbindelse (eksempelvis en fast HH-baneforbindelse).

## Referencer

- [1] Arbejdsnotater og dokumentation kan findes på: [www.modelcenter.dk](http://www.modelcenter.dk) under faneblad 'Projekter' og 'Øresundsgodstrafikmodel'.
- [2] "Etablering af basismatricer for godstransport til En national godstrafikmodel og En godstrafikmodel for Øresundsregionen". Mikal Holmblad, Trafikdage 2005.
- [3] "Analyse af effekten af tyske afgifter, SENEX-modellen". TetraPlan A/S for Trafikministeriet, 2003.