

# Kommunemodel med nye muligheder

Civilingeniør Jakob høj, TetraPlan A/S

## 1 Baggrund og formål

Den stigende trafikbelastning og deraf afledte trængselsproblemer på vejnettet i byerne stiller krav til, at de kommunale trafik- og miljømodeller kan tage højde for kapacitetsbegrænsninger når der foretages konsekvensvurderinger af trafikale og byplanmæssige tiltag.

Samtidig er der et behov for at belyse de miljømæssige konsekvenser som den øgede trafikbelastning kan give anledning til. I projektsammenhæng, herunder også som led i VVM-analyser, er vurderinger af de trafikaflødte miljøaspekter et væsentligt tema.

I denne artikel præsenteres de muligheder, som ligger i en nyudviklet kommunal trafik- og miljømodel. Dels i forhold til en simulering af trafikstrømme, hvor kapacitetsforhold på kryds og strækninger tages i betragtning, dels i forhold til at belyse de miljømæssige konsekvenser med anvendelse af de nyeste miljømodeller.

## 2 En dansk udviklet Trafik- og Miljømodel

TetraPlan A/S har i samarbejde med Carl Bro as igennem en årrække udviklet en Trafik- og Miljømodel, TMM, til det kommunale marked.

Intentionen har været at tilbyde kommunerne en brugervenlig trafikmodel, som samtidig kunne belyse de relevante trafikaflødte miljøeffekter fra biltrafikken. Trafikmodellen skulle belyse konsekvenser af at ændre i det kommunale vejnet, eksempelvis i form af ensretninger, vejlukninger og trafiksaneringer. Modellen skulle ligeledes belyse de trafikale konsekvenser af ændringer i arealanvendelsen, eksempelvis nye boligområder, etablering af butikcentre, erhvervsområder mv.

Modellen har bl.a. fundet sin anvendelse i en række kommuners arbejde med trafik- og miljøhandlingsplaner. Dette har været oplagt, da de anvendte miljømodeller følger de metoder og retningslinier, som blev anbefalet af henholdsvis Miljøstyrelsen og Vejdirektoratet.

Trafik- og miljømodellen er fra starten tænkt som et integreret system. Databaserne er struktureret således at en række data eksempelvis vedr. vejstrækninger udnyttes både i trafik- og i miljøberegningen. Miljøberegningerne sker i direkte forlængelse af en trafikberegning og resultaterne præsenteres på samme form i tabeller eller som temaer på kort.

Det er bevidst valgt at lade TMM være et åbent system. Alle data til modellen er struktureret i Access-databaser. Eksisterende oplysninger, som kommunen måtte have i andre systemer kan udnyttes i TMM. Import af matricer, tekstfiler med eksempelvis vejnetsoplysninger eller EMME-data er nogle af mulighederne for at udnytte eksterne data. På kortsiden kan kommunale kort i MapInfo eller Arcinfo format umiddelbart udnyttes.

Data og resultater fra TMM kan ligeledes eksporteres på forskellig vis bl.a. til Excel, Word og PDF. Kort dannet i TMM kan eksporteres i MapInfo's udvekslingsformat og kan således viderebearbejdes i en rapportering af gennemførte trafik- og miljøberegninger.

Der er lagt vægt på at sikre brugervenlighed i selve programmet, hvorfor der i høj grad er lagt vægt på at redigere og præsentere data og resultater på kort.

Programmet er forankret i TetraPlans viden og erfaring indenfor trafik- og miljøområdet. TMM udvikles løbende i dialog med brugerne, en dialog som bl.a. sikres gennem workshops for brugerkredsen og via hjemmesiden for TMM.

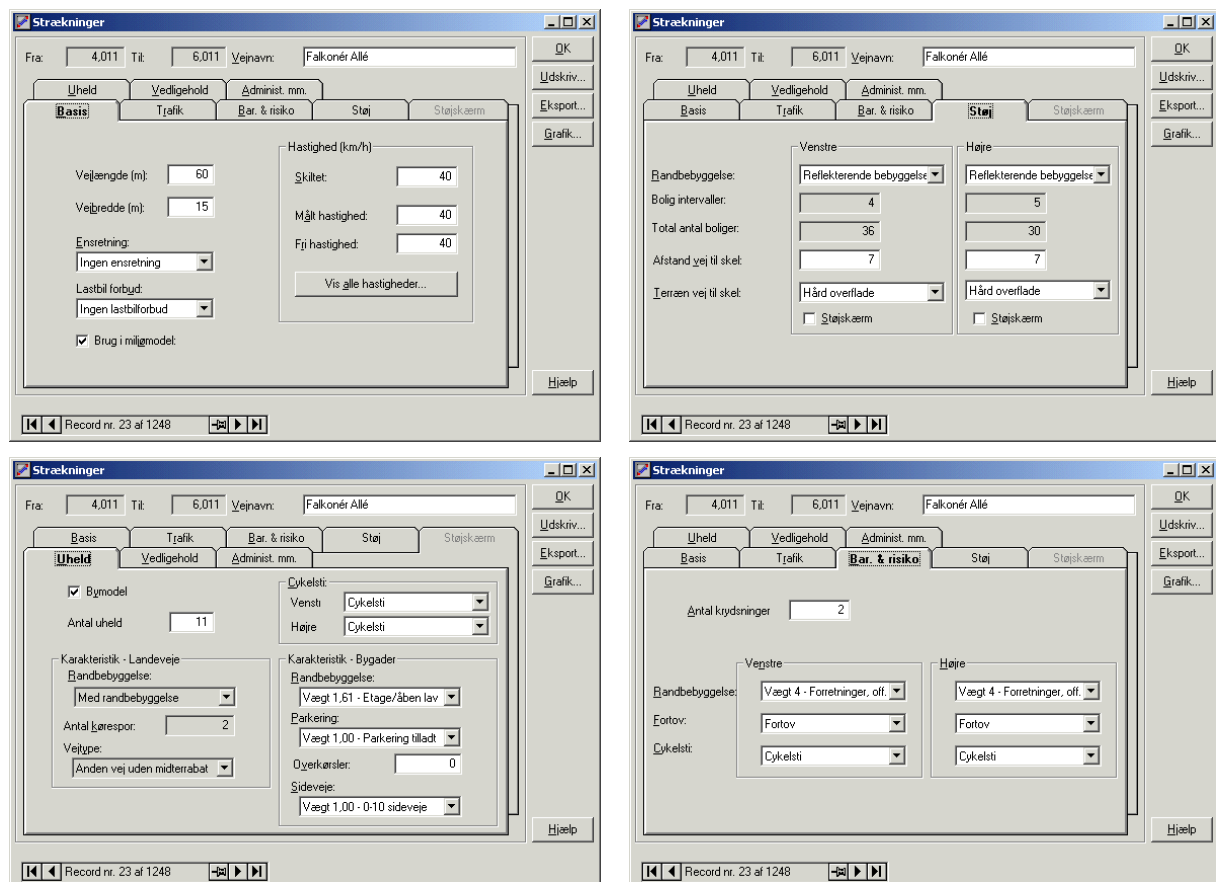
## Trafikmodellen i TMM

Trafikmodellen i TMM er en traditionel biltrafikmodel, som indeholder modeller for turproduktion, turfordeling og trafikudlægning. Alle tur- og trafikmatricer i TMM er døgnmatricer.

I TMM er alle projektdata organiseret i databaser. Fra Databasemenuen gives mulighed for at arbejde med de fleste af de data der indgår i en beregning i TMM. De forskellige typer af forudsætninger tilgås ligeledes fra databasemenuen. Trafikmodellen i TMM beregner trafik mellem zoner. Selve modelområdet, typisk en kommune, er opdelt i et antal lokalzoner. Trafik til og fra kommunen og transittrafik gennem kommunen henføres til et antal oplandszoner.

Lokalzonedatabasen indeholder information om antal boliger og arbejdspladser i de enkelte lokalzoner. Oplysningerne bruges til at beregne det samlede antal ture, der generes og attraheres i en zone, på baggrund af de opstillede attraktionsrater og generationsfaktorer.

Et modelvejnet i TMM består af strækninger og knuder. Strækningsdatabasen indeholder oplysninger til brug for både trafikmodellen og miljømodellen. Oplysningerne er struktureret på et antal faneblade, som afspejler de delmodeller som oplysningerne primært relaterer sig til.



Figur 1 Strækningsdatabasen er opdelt på faneblade, som er knyttet til henholdsvis trafikmodellen og de enkelte miljø-delmodeller

## Trafikudlægning

Den oprindelige rutevalgs-algoritme i TMM's trafikmodel er relativ simpel, hvilket vil sige, at den kun finder den "bedste vej" og ikke tager hensyn til kapaciteten på den enkelte vejstrækning og i det enkelte kryds. Det har dog været muligt at indlægge svingforsinkelser for enkelte svingbevægelser i krydsene.

I flere sammenhænge har det været ønskeligt at udbygge TMM med en rutevalgs-algoritme, som bedre kunne beskrive kapacitetsbegrænsninger i vejnettet. Den oprindelige models begrænsninger betyder, at

denne rutevalgs-model kan blive for simpel at bruge i større kommuner, hvor kapacitetsbegrænsninger forekommer i kortere eller længere perioder over døgnet.

En udvikling af TMM på dette område blev udløst af at flere kommuner stod overfor at revidere deres trafikmodel. Særligt har samarbejdet med Frederiksberg kommune været afgørende for denne videreudvikling af TMM, da trafikafviklingen i en kommune af Frederiksbergs størrelse og kompleksitet kun vanskeligt kan modelleres med en simpel "alt-eller-intet" model.

Dette har været udgangspunktet for at integrere en mere kompleks rutevalgs-algoritme i TMM, som beskriver de kapacitetsbegrænsninger, der er på vejstrækninger og i kryds og samtidig fordeler trafikken på flere alternative ruter.

### 3 Ny rutevalgsalgoritme

Den ny rutevalgsalgoritme i TMM er baseret på den i OTM indbyggede rutevalgsalgoritme ,SUE, som bygger på *Stokastisk Bruger Ekvilibrium*-princippet, med kapacitetsbegrænsninger. Denne model er tidligere præsenteret på AUC-trafikdage<sup>1</sup>.

Alle vejstrækninger regnes med kapacitetsbegrænsning, som er defineret ud fra vejtypen og antal kørespor. Ved kapacitetsproblemer beregner rutevalgsalgoritmen en rejsehastighed ud fra trafikbelastningen og denne hastighed anvendes herefter iterativt som udlægningskriterie.

For kryds benytter rutevalgs-algoritmen en avanceret beregning af krydsforsinkelser. I denne beregning indgår ventetid i signalregulerede kryds og ved vigepligter samt geometrisk forsinkelse ved sving generelt.

Ved beregningen af ventetiden i vigepligtssituationer benyttes trafiktal for de(n) prioriterede strøm(me). Ved beregningen for signalregulerede kryds benyttes ventetid forårsaget af signalet og vigepligt for modkørende ved venstresving. Disse ventetider beregnes ud fra signalgruppeplanen og evt. oplysninger om signalsamordning.

Udfordringen har være at udvikle et overskueligt interface, så brugeren til stadighed har overblik over arbejdet med at indlægges disse data i modellen.

På *fig.2* er der vist en dialog, hvorfra det er muligt at opstille og redigere i data om de enkelte kryds i modelvejnettet.

Vinduet for redigering af krydsoplysninger er opdelt i 3 områder, som kan skaleres efter behov ved at trække i rammerne. Der vises to grafikvinduer, dels et oversigtskort med knuder og strækninger, hvor den valgte knude er markeret og centreret i vinduet, dels en optegning af den aktuelle knude, hvor bredden på de enkelte ben afspejler vejbredden som angivet i strækningsdatabasen.

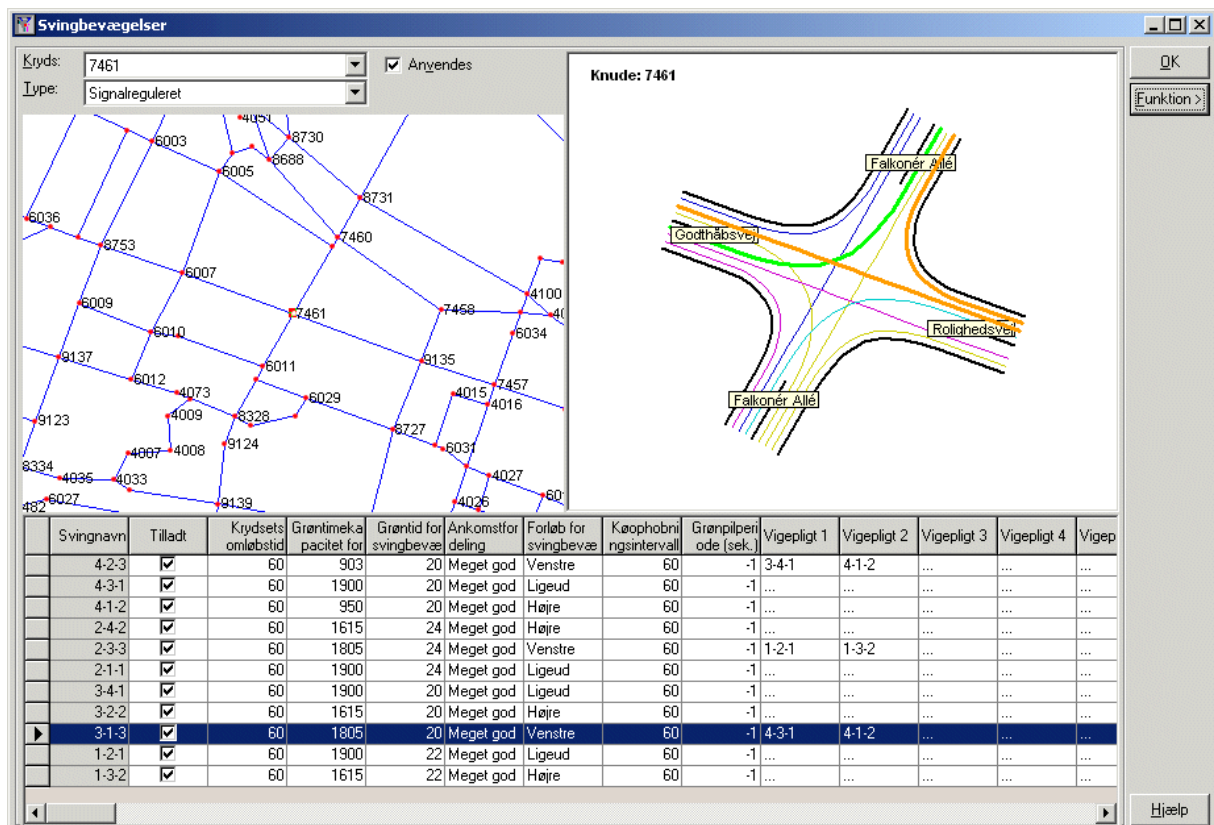
Det ønskede kryds vælges fra en liste over samtlige knuder i modellen. Krydsets type (Signal, vigepligt, rundkørsel eller fast forsinkelse) vises i feltet Type.

Under grafikvinduet vises en tabel med data for hver svingbevægelse gennem knuden. Tabellen korresponderer med grafikvinduet således at ændringer foretaget i tabeldelen - eksempelvis svingforbud - afspejles i optegningen. Når en svingbevægelse markeres i grafikvinduet vælges denne samtidig i tabellen.

Den svingbevægelse, som betragtes vises som grøn i grafikvinduet, mens de respektive vigepligter for den betragtede strøm optegnes med rødt. Øvrige strømme optegnes i andre farver i forhold til hvilket ben i krydset de er tilknyttet.

---

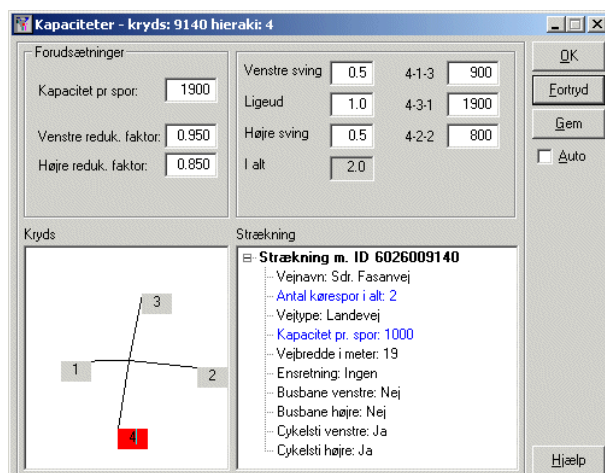
<sup>1</sup> "SUE-rutevalgsmodel med krydsmodellering", Otto Anker Nielsen, DTU, Rasmus Dyhr Fredriksen, Tetraplan A/S og Nikolaj Simonsen DTU, AUC-Trafikdage, 1997.



Figur 2 Svingbevægelser redigeres fra et vindue, hvor alle relevante funktioner er samlet.

Der er tilknyttet en række hjælpefunktioner til visning og redigering af svingbevægelser. Der er bl.a. vinduer til redigering af kapaciteten for de enkelte strømme og til at ændre i hierarkiet af de enkelte ben i krydset.

Der er ligeledes en valideringsfunktion som bl.a. holder oplysningerne for svingbevægelserne i krydset op imod strækningsoplysninger, således at der gives en meddelelse, hvis der er opstillet ulogiske data for krydset.



Figur 3 For signalregulerede kryds kan der justeres i antal spor og kapaciteter for de enkelte bevægelser gennem krydset fra det pågældende ben.

## 4 Ny elementer i Miljømodellen

Miljømodellen i TMM er løbende udviklet således at den til stadighed afspejler de metoder, som anvendes i Danmark til beregning af de trafikafledte effekter.

Miljømodellen indeholder flg. delmodeller:

- Støj
- Luftforurening - emissioner
- Luftforurening - imission
- Barriereeffekt
- Risikovirkning
- Trafikuheld

Baseret på oplysninger om vejnettet og omgivelserne samt de beregnede trafikmængder beregnes de enkelte miljøeffekter for hver delstrækning og summeres for det samlede net.

I forhold til tidligere versioner af TMM er der i den nye model sket en række forbedringer af de enkelte miljø-delmodeller. De væsentligste gennemgås i det følgende.

### Emissionsberegninger baseret på COPERT III

Emissionsberegningen i TMM er ændret således at den nu følger principperne i EU's COPERT III model for beregning af emissioner fra vejtrafik. Heri angives emissionsfaktorer for de forskellige køretøjskategorier afhængig af rejsehastighed. I COPERT-modellen skelnes der mellem et stort antal af køretøjstyper baseret på brændstoftype (benzin/diesel), motorstørrelse og emissionsnorm.

På baggrund af resultaterne fra trafikmodellen for person-, vare- og lastbiltrafik og emissionsfaktorerne beregnes de samlede emissioner strækning for strækning og samlet for hele vejnettet.

Der beregnes emissioner i tons/år for komponenterne: CO (kulilte), NO<sub>x</sub> (kvælstofilter), VOC (flygtige organiske forbindelser), SO<sub>2</sub> (svovldioxid) og partikler (PM10, svarende til partikelstørrelse 10 $\mu$ ).

Ligeledes energiforbrug og CO<sub>2</sub>-udslip som opgøres i henholdsvis MJ pr år og tons/år beregnes på baggrund af emissionsfaktorerne fra COPERT.

Da trafikmodellen ikke skelner mellem de forskellige biltyper, eksempelvis benzin/diesel og katalysator/ikke katalysator er der i emissionsberegningen indlagt oplysninger om dem den danske bilparks sammensætning og alder. Dette muliggør, at de beregnede trafikmængder kan opsplittes på COPERTs køretøjstyper og dermed fås en mere nuanceret beregning af emissioner, end hvad der tidligere har været muligt.

Fordelingen af vognparken på køretøjstyper og emissionsnormer er afstemt med oplysninger fra DMU's luftkvalitetsmodel, OSPM. Se *fig 4*.

Bilparkens sammensætning (DK, 2000)

Sammensætning

Køretøjskategori	Brændselstype	Motor kapacitet	Klasse	Andel
Passenger	Diesel	cc:<2.0l	Conventional	2.22
			EURO I	1.86
			EURO II	1.31
			Total	5.40
			cc:>2.0l	Conventional
	EURO I	0.10		
	EURO II	0.07		
	Total	0.28		
	Total	5.68		
	Gasoline	cc:1.4-2.0l	ECE 15-00/01	0.97
ECE 15-02			0.45	
FFC 15-03			5.75	

Eksporier OK

Figur 4 Forudsætninger vedr. vognparkens sammensætning på køretøjstyper, brændstoftyper og motorstørrelse til brug for emissionsberegningen baseret på COPERT III

Emissioner (DK, 2000)

Køretøjskategori	Forurening (kg)					
	CO	CO2	Fuel	NOX	PM10	VOC
Bus	28.63	9288.27	2960.32	101.82	4.72	13.12
Passenger	4002.08	113046.02	35538.03	463.58	17.48	456.72
TRC	91.84	27247.86	8683.92	271.40	18.86	53.29
Van	277.07	21342.51	6778.26	138.48	15.68	30.40
Total	4399.61	170924.65	53960.52	975.27	56.74	553.53

Eksporier OK

Emissioner (DK, 2000)

Køretøjskategori	Brændselstype	Motor kapacitet	Klasse	Forurening (kg)					
				CO	CO2	Fuel	NOX	PM10	VOC
Passenger	Diesel	cc:<2.0l	Conventional	8.88	2453.40	781.94	6.80	2.77	2.15
			EURO I	5.71	1813.12	577.87	7.78	0.73	0.94
			EURO II	4.01	1273.12	405.76	5.46	0.51	0.66
			Total	18.60	5539.63	1765.57	20.04	4.00	3.76
			cc:>2.0l	Conventional	0.47	128.58	40.98	0.55	0.14
		EURO I	0.30	94.97	30.29	0.41	0.04	0.05	
		EURO II	0.21	66.69	21.27	0.29	0.03	0.03	
		Total	0.98	290.24	92.53	1.25	0.21	0.20	
		Total	19.58	5829.87	1858.10	21.29	4.21	3.96	
		Gasoline	cc:1.4-2.0l	ECE 15-00/01	118.38	1323.77	415.84	10.56	0.32
	ECE 15-02			46.24	561.09	176.26	4.25	0.13	5.27
	ECE 15-03			613.05	7196.09	2260.55	55.29	1.66	67.62
	ECE 15-04			653.30	12366.52	3884.76	114.77	3.44	100.34
	EURO I			281.82	19314.51	6067.37	27.61	0.83	17.33
	EURO II			134.46	13552.08	4257.19	6.97	0.21	2.55
	PRE ECE			16.39	148.56	46.67	1.04	0.03	1.43
	Total			1863.65	54462.64	17108.65	220.49	6.61	205.96
	cc:<1.4l			ECE 15-00/01	125.41	1186.26	372.65	9.67	0.29
	ECE 15-02	48.99	501.96	157.68	3.98	0.12	5.55		

Eksporier OK

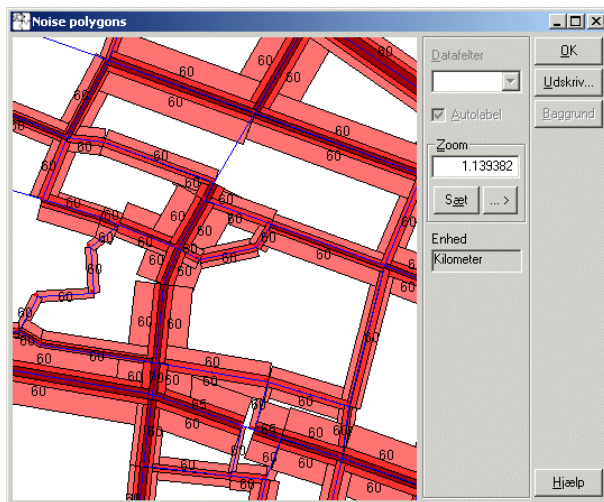
Figur 5 Resultater fra emissionsberegningen kan både vises detaljeret på de enkelte køretøjstyper og emissionsnorm og aggregeret for hele nettet.

## Støjmodellen

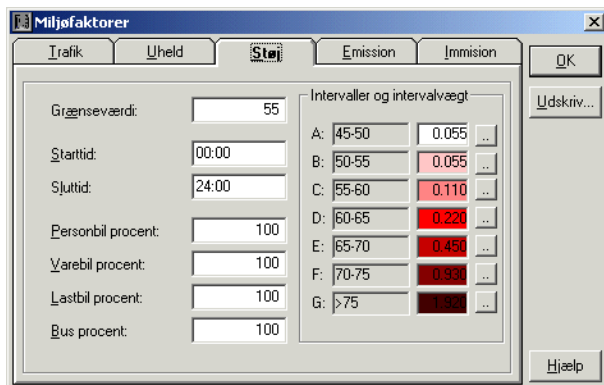
Trafikstøjregninger i Danmark baseres på den fælles nordiske beregningsmetode, som senest er revideret i 1998. I TMM sammenhæng er den nordiske støjberegningsmetode anvendt til at beregne støjubredelsen langs vejstrækningerne. Sammenholdt med oplysninger om boligernes antal og placering i forhold til vejene, er antallet af støjbelastede boliger og støjbelastningstallet, SBT, beregnet.

På støjsiden er modellen forbedret, således at der bl.a. nu er mulighed for at regne støj for flere døgnperioder. Dette forventes at komme i fokus i forbindelse med at et støjdirektiv fra EU om kortlægning af vejtrafikstøj implementeres i Danmark. Støjdirektivet stiller krav om at der beregnes støjniveauer i 3 døgnperioder (dag, aften, nat).

Når direktivet er implementeret i Danmark, vil støjmodellen i TMM blive tilpasset den nye metode for opgørelse af støjniveauer.



**Figur 6** Støjresultater kan bla. vises med støjubredelsen langs strækningerne som polygoner med spring på 5 dB(A).



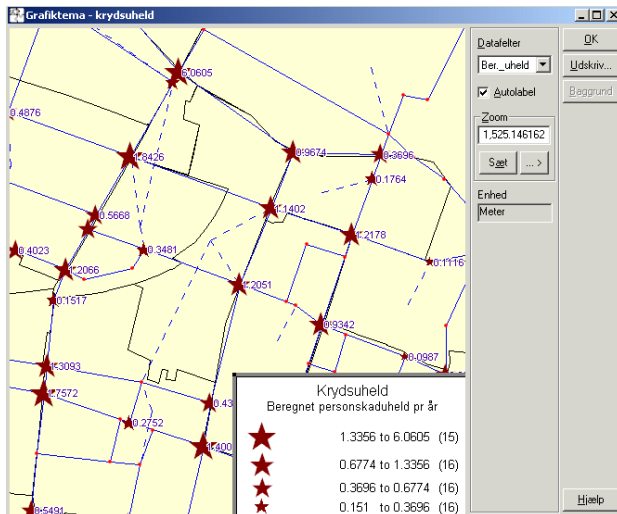
**Figur 7** Der er mulighed for at beregne støj en valgfri døgnperiode og sammenligne det beregnede ækvivalent niveau med en given grænseværdi. Som forudsætning angives hvor stor en del af trafikken som afvikles indenfor den pågældende døgnperiode.

## Uheldsmodellen

Også uheldsberegningen i TMM er blevet opdateret, så den nu også indeholder Vejdirektoratets uheldsmodel for bygader. Udover modelberegnete uheldstal beregnes de faktiske uheldstætheder og uheldsfrekvenser baseret på indtastede oplysninger om registrerede uheld på strækninger og kryds. Det er således muligt at udpege de mest uheldsbelastede kryds og strækninger og visualisere resultatet på kort.

TMMID	Fra	Til	Vejnavn	Typekode (projekt)	Typebeskrivelse	Bykode	Obs. uheld	Ber. uheld	Uheldstæthed	Uheldsfrekvens
4004-006003	4.004	6.003	Mariendalsvej	222	2-spor med kant	-1	0.0	0.0	0.0	0.0
4005-004006	4.005	4.006	Kronprinsesse So	222	2-spor med kant	-1	0.0	0.0	0.0	0.0
4005-006004	4.005	6.004	Kronp. Sofies Vej	222	2-spor med kant	-1	0.0	0.1	0.0	0.0
4005-006005	4.005	6.005	Kronprinsesse So	222	2-spor med kant	-1	0.0	0.0	0.0	0.0
4006-008688	4.006	8.688	Kronprinsesse So	222	2-spor med kant	-1	0.0	0.0	0.0	0.0
4007-004008	4.007	4.008	Solbjergvej	222	2-spor med kant	-1	0.0	0.0	0.0	0.0
4007-004033	4.007	4.033	Solbjergvej	222	2-spor med kant	-1	0.0	0.0	0.0	0.0
4008-004009	4.008	4.009	Solbjerg Plads	222	2-spor med kant	-1	0.0	0.0	0.0	0.0
4009-004010	4.009	4.010	Solbjerg Plads	222	2-spor med kant	-1	0.0	0.0	0.0	0.0
4010-004073	4.010	4.073	Nyelandsvej	220	2-spor med cykel	-1	0.4	0.0	8.0	2.5
4010-008328	4.010	8.328	Nyelandsvej	220	2-spor med cykel	-1	0.4	0.0	2.0	0.5
4011-006011	4.011	6.011	Falkoner Allé	220	2-spor med cykel	-1	2.2	0.0	36.7	4.9
4011-006029	4.011	6.029	Sankt Nikolaj Vej	222	2-spor med kant	-1	0.0	0.0	0.0	0.0
4011-008328	4.011	8.328	Falkoner Allé	220	2-spor med cykel	-1	2.2	0.1	12.9	2.1
4012-004013	4.012	4.013	Hostrupsvej	222	2-spor med kant	-1	0.0	0.0	0.0	0.0
4012-008328	4.012	8.328	Hostrupsvej	222	2-spor med kant	-1	0.0	0.0	0.0	0.0
4013-006029	4.013	6.029	Hostrupsvej	222	2-spor med kant	-1	0.0	0.0	0.0	0.0
4014-004015	4.014	4.015	J. M. Thieles Vej	222	2-spor med kant	-1	0.0	0.0	0.0	0.0
4014-006031	4.014	6.031	Thorvaldsensvej	220	2-spor med cykel	-1	0.4	0.0	10.8	2.3
4014-008727	4.014	8.727	Thorvaldsensvej	220	2-spor med cykel	-1	0.4	0.0	2.2	0.4
4015-004016	4.015	4.016	Fuglevangsvej	222	2-spor med kant	-1	0.0	0.0	0.0	0.0
4016-007457	4.016	7.457	H.C. Ørstedvej	222	2-spor med kant	-1	0.8	0.0	9.2	2.0
4016-009133	4.016	9.133	H.C. Ørstedvej	222	2-spor med kant	-1	0.8	0.1	3.0	1.0
4017-004018	4.017	4.018	Grundtvigsvej	222	2-spor med kant	-1	0.0	0.0	0.0	0.0
4017-006030	4.017	6.030	Henrik Steffens V	222	2-spor med kant	-1	0.0	0.0	0.0	0.0

Figur 8 Resultaterne af uheldsberegningen vises på tabelform. Både modelberegnete og observerede uheldstal vises. Uheldstætheder og -frekvenser er baseret på antal observerede uheld.



Figur 9 De beregnede uheldstal kan vises grafisk. Her er det antal personskadeuheld i kryds, som er vist



## 5 Anvendelse af den nye TMM-model

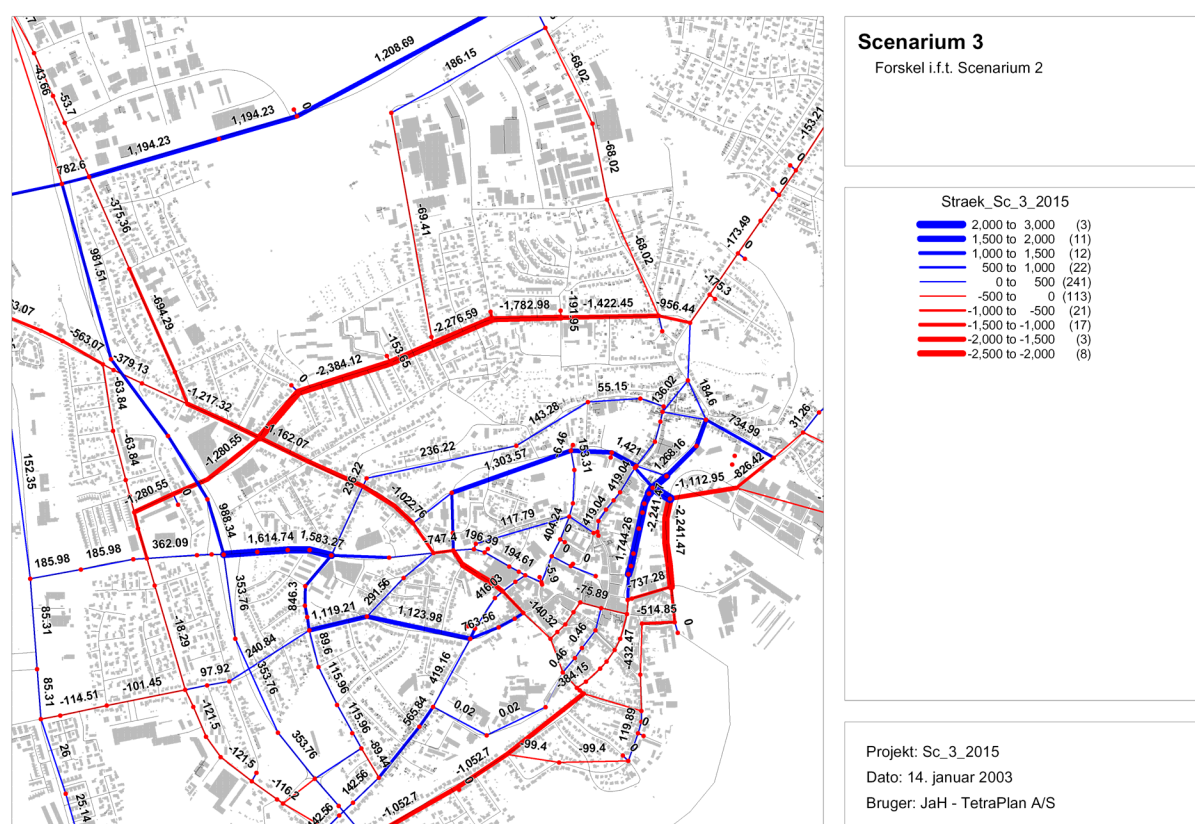
Den nye rutevalgsalgoritme i TMM har været anvendt i Frederiksberg og Svendborg kommuner, som inden for det seneste år har opdateret deres ældre trafik- og miljømodel.

De hidtidige erfaringer peger på at anvendelse af den nye rutevalgsalgoritme i kalibreringen har gjort det nemmere at opnå en rimelig overensstemmelse mellem talt og beregnet trafik.

Da rutevalgs-algoritmen kræver detaljerede oplysninger om krydsgeometri og signalforhold mv. er det afgørende at indsamling og indtastning af disse data er overkommelig for brugeren. Derfor er der lagt vægt på at interfacet er overskueligt og med relevante hjælpefunktioner.

I Svendborg kommune er modellen anvendt i det igangværende trafikplanarbejde. Her er det særligt vejnettet omkring bymidten og Havnen som er i fokus. Der planlægges en større omdannelse af havnearealerne, bl.a. med en betydelig boligudbygning. Adgangsvejene til bymidten ændres, bla. forventes flere kryds ombygget til rundkørsler.

TMM modellen er anvendt til at beregne de trafikale konsekvenser af disse planer.



Figur 10 Kortudskrift fra TMM med vejnetsbelastning for et trafiksanerings scenarie i Svendborg. Scenariet afspejler hastighedsændringer på flere indfaldsveje til bymidten. For at tydeliggøre illustrationen er kommunens bygningskort indlagt som baggrund.

## 6 Sammenfatning

Resultater af arbejdet er at der nu foreligger en ny kommunemodel, hvor beskrivelsen af kryds og strækninger i trafikmodellen er langt mere detaljeret end hvad der tidligere har været muligt i kommunale trafikmodeller. Der er lagt vægt på at brugeren kan rette og tilføje data i et overskueligt interface, som i høj grad udnytter GIS-mulighederne for visualisering og editering af data.

Et andet resultat af arbejdet er, at de tilknyttede miljøberegninger udnytter de seneste miljømodeller. For emissioner betyder det at beregningen nu følger principperne i EU's COPERT III model for beregning af emissioner fra vejtrafik.

I forhold til tidligere versioner af programmet er der lagt endnu mere vægt på at TMM kan spille sammen med de data og kort, som måtte findes hos den enkelte kommune.

Det er håbet at der med den nye TMM model foreligger et tidssvarende redskab, som kan styrke den kommunale trafik- og miljøplanlægning.