

# TIM: En trafikmodel til belysning af Timemodellen

Mikal Holmblad  
Data- og analysspecialist  
Modelcenter

Danmarks Tekniske Universitet  
Institut for Transport

Bygningstorvet 116 Vest  
2800 Kgs. Lyngby

Tlf. 45 25 65 00  
Dir. 45 25 65 04  
Fax 45 93 65 33

mhb@transport.dtu.dk  
www.transport.dtu.dk

## Indledning

Timemodellen er et centralt element i den politiske aftale 'En grøn transportpolitik' fra januar 2009. Samtidig er Timemodellen en del af de overordnede målsætninger for udviklingen af hovedbanenettet og for en øget markedsandel for kollektiv transport. Timemodellen omfatter en reduktion af rejsetiderne på strækningen København-Odense-Århus-Aalborg til én time for hver delstrækning.

Det er derfor nødvendigt at kunne redegøre for det passagermæssige potentiale og kunne belyse effekterne som en sådan banebetjening vil kunne have. Den kommende Landstrafikmodel vil kunne belyse disse forhold, men arbejdet med opbygningen af denne er kun netop påbegyndt, og vil for nuværende ikke kunne bringes i anvendelse.

Dette papir redegør for opbygningen af en simpel trafikmodel (TIM), som DTU Transport har opstillet for Trafikstyrelsen og Transportministeriet til overordnet foreløbigt at kunne belyse effekter af Time-modellen i diverse scenarier for vej- og baneinfrastrukturen.

TIM er opbygget som en meget simpel traditionel makrobaseret 4-trins trafikmodel, hvor turproduktion, turfordeling, transportmiddelvalg beregnes pivot-point korrigeret til en opstillet basismatrice for år 2008. Rutevalget for bane foregår eksogent til modellen og gennemføres af Trafikstyrelsen med modellen VISUM.

Trafikmodelberegninger med modellen indgår i det igangværende arbejde hos Trafikstyrelsen med strategiske analyser og vurderinger af infrastrukturprojekter, heriblandt Timemodellen. Dette papir fokuserer derfor alene på de modelmæssige aspekter ved trafikmodellen.

## Modelinput

Det datastrukturelle input til TIM udgøres af en basismatrix, samt tidsværdier og udbudsdata for vej- og banetransport med deraf afledte generaliserede omkostninger.

## Basismatrix

Basismatricen er opstillet på baggrund af ca. 40.000 TU observationer for årene 2006-2008. Basismatricen er segmenteret efter de gamle kommunegrænser dvs. 271 zoner (i,j), 8 turformål (p): 1 Arbejde, 2 Uddannelse, 3 Hente/Bringe, 4 Indkøb, 5 Besøg, 6 Fritid, 7 Ferie og 8 Erhverv, samt 6 transportmidler (m): 1 Bil, 2 Bane & S-tog, 3 Fly, 4 Bus & Metro, 5 Lette trafikanter og 6 Erhvervskøretøjer.

En tur er i basismatricen defineret som en tur(kæde) fra bolig til primærformålet for turen. Ligeledes udgør tilbagetur(kæde)en til boligen også netop én tur. Eksempelvis udgør en pendlerrejse fra bolig til arbejde og tilbage til bolig med eventuelle ærinder, indkøb mv. undervejs derfor 2 ture i alt.

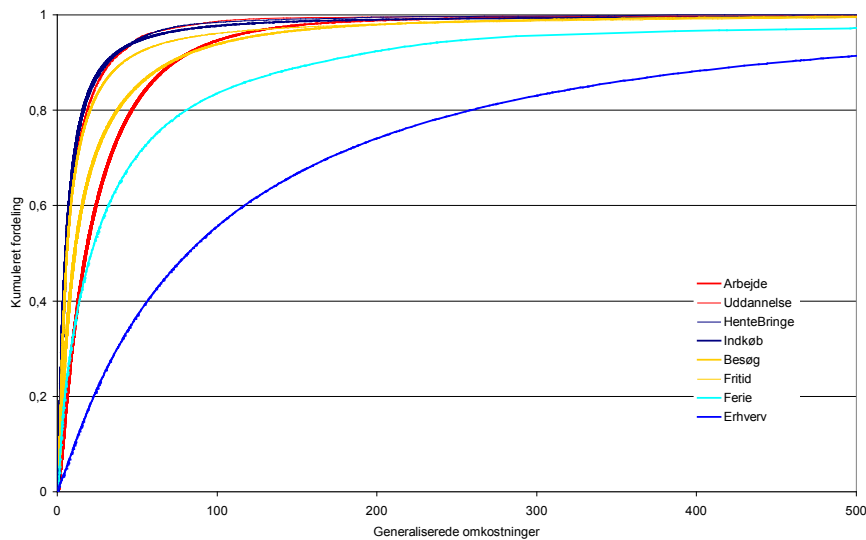
Basismatricen er beregnet med en gravitationsmodel for hvert turformål som en GA-matrix med udgangspunkt i en turlængdefordeling og bibetingelser for zonernes produktion og attraktion af ture.

Det samlede antal ture – eller den samlede produktion (eller attraktion) af ture - er for hvert turformål opgjort med opregnede TU-data. Produktionen og attraktionen af disse ture er for det aktuelle turformål herefter fordelt på zonesystemet. Disse antages proportional med variabler, som det fremgår af tabel 1. Eksempelvis er produktionen af arbejdsture fordelt med antal beskæftigede i zonerne, mens attraktionen for arbejdsture er fordelt med antallet arbejdspladser.

	<b>Produktionsvariable</b>	<b>Attraktionsvariable</b>
Arbejde	Beskæftigede i 2006	Arbejdspladser i 2006
Uddannelse	Befolkning 10-34 år i 2006	Elever på uddannelse og grundskole i 2005
Hente/bringe	Børnfamilier i 2006	Elever i grundskole i 2005
Indkøb	Husstande i 2006	Detailhandelsansatte i 2006
Besøg	Befolkning i 2006	Befolkning i 2006
Fritid	Befolkning i 2006	Befolkning i 2006
Ferie	Husstande i 2006	By-, sports-, rekreations- og ferieområder i 2006
Erhverv	Voksne i 2006	Antal virksomheder i 2006

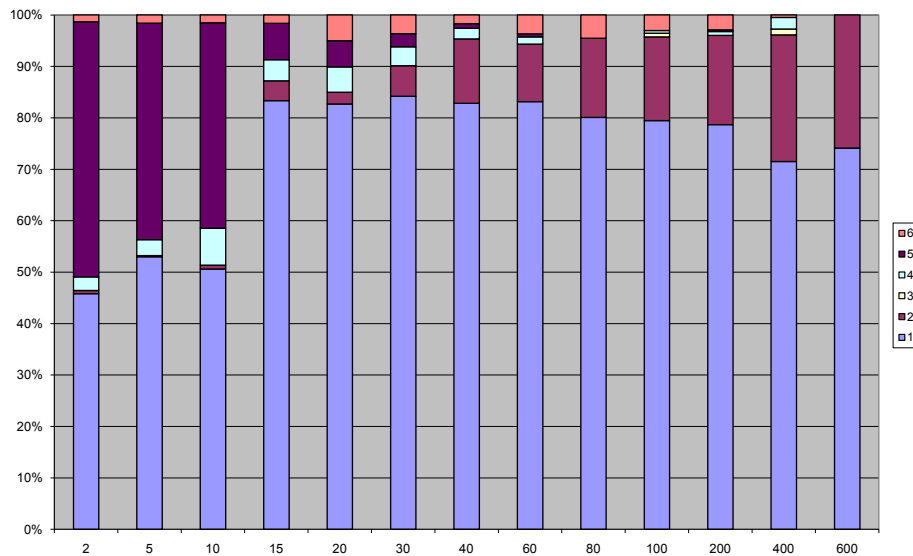
**Tabel 1: Proportionalitetsvariabler for produktion og attraktion af ture.**

Turlængdefordelingerne, som er vist i figur 1, er også estimeret for hvert turformål på baggrund af de 40.000 TU-observationer, hvor turlængden er udtrykt ved en generaliseret omkostning for den tilsvarende tur med bil på vej.



**Figur 1: Kumulerede turlængdefordelinger for modellens 8 turformål**

Basismatricen segmenteres efter transportmidler afhængigt af afstanden for turen inddelt i afstandsintervaller. En sammenhæng mellem transportmiddelvalg og afstand er ligeledes estimeret på baggrund af TU-observationerne. Figur 2 viser denne sammenhæng totalt for alle turformål.



**Figur 2: Fordeling transportmiddelvalg og turlængde (km) i afstandsband samlet for alle turformål.**

Turene med bil og med bane udskilles af matricen og kombineres med en stationsmatrix fra Trafikstyrelsen til en endelig basismatrice for vej og for bane. De overordnede karakteristika for denne er vist i nedenstående tabel 2.

Turformål	Vej	Bane	I alt	Vej	Bane	I alt
	Mio. ture	Mio. ture	Mio. ture	Mia. km	Mia. km	Mia. km
Arbejde	588	48	636	11,9	1,3	13,2
Uddannelse	79	6	86	1,5	0,2	1,6
Hente/bringe	214	9	223	1,9	0,1	2,0
Indkøb	511	20	530	7,6	0,7	8,3
Besøg	395	28	423	9,3	1,1	10,3
Fritid	314	19	333	8,2	0,7	8,9
Ferie	80	7	87	3,8	0,4	4,3
Erhverv	45	5	50	2,1	0,3	2,4
<b>I alt</b>	<b>2.226</b>	<b>142</b>	<b>2.368</b>	<b>46,3</b>	<b>4,7</b>	<b>50,9</b>

**Tabel 2: Overordnede antal ture og persontransportarbejde i modellens basismatrice for 2008.**

Basismatricens antal af ture med bane er 142 mio. som opgjort af Trafikstyrelsen, mens det tilsvarende transportarbejde ligger noget i underkanten af de 6,1 mia. km, som Trafikstyrelsen opgør. Dette gælder ligeledes transportarbejdet på vej, hvor antallet af ture svarer til 46 mia. km, også noget i underkanten i forhold til det persontransporttransportarbejde på ca. 52-56 mia km på vej, som kan estimeres på baggrund af Vejdirektoratets biltransportarbejde baseret på synsdata. I projektet har der ikke været ressourcer til for nuværende yderligere at følge op på disse forskelle. Det vurderes desuden, at afvigelserne ikke er kritiske for modellens anvendelse med hensyn til de overordnede relative ændringer.

### Generaliserede omkostninger

De generaliserede rejseomkostninger for vej bestemmes på baggrund af et "alt-eller-intet" rutevalg på vej, hvor den generaliserede rejseomkostning simpelt er bestemt ved:

$$(1) \quad C_{ijp1}^y = VOT_{p1}^y \cdot Tid_{ij1}^y + Omk_{ij1}^y$$

hvor  $Tid_{ij1}^y$  er køretiden (uden trængsel) og  $Omk_{ij1}^y$  er driftsomkostningen per kilometer.

De generaliserede omkostninger for bane baseres på baneudbudsmatricer beregnet af Trafikstyrelsen, som beskriver service mellem stationer udtrykt ved takst, køretid, skiftetid og frekvens.

Ved anvendelserne af TIM omsættes udbudsmatricerne til generaliserede rejseomkostninger mellem alle zoner i zonesystemet, idet en banerejse udlægges "alt-eller-intet" i et pseudo-bimodalt net sammensat af den stationsbaserede udbudsmatrice og et multipelt zoneophæng af stationerne via vej til zonecentre. En anden simplere fremgangsmåde er også benyttet, hvor de generaliserede omkostninger mellem stationerne sammenvægtes med faste zoneandele for stationsbenyttelsen i henholdsvis afrejsezone og destinationszone. Sidstnævnte metode giver dog ikke mulighed for ændringer i valg af stationer for en tur som følge af ændringer i baneudbuddet.

Den generaliserede omkostning for banetransport har i TIM nedenstående form:

$$(2) \quad C_{ijp2}^y = VOT_{p2}^y \cdot Tid_{ij2}^y + Omk_{ij2}^y + C_{is}^y + C_{s'j}^y + ASC_p^x$$

Tidskomponenten  $Tid_{ij2}^y$  er en sammenvejning af køretid, skiftetid og frekvens efter et udtryk estimeret i DATIV-projektet:

$$(3) \quad Tid_{ij2}^y = \left[ t_{ij2}^{free} + 1.5 \cdot t_{ij2}^{wait} + 1.5 \cdot t_{ij2}^{transfer} + N_{ij2}^{transfer} \cdot 6 \text{ min} + \text{Min} \left( \frac{60}{v_{ij}^y}, 12 + 0.4 \cdot \left( \frac{60}{v_{ij}^y} - 12 \right) \right) \right]$$

Omkostningen  $Omk_{ij2}^y$  udgøres af taksten, mens  $C_{is}^y$  og  $C_{s'j}^y$  er de generaliserede omkostninger forbundet med til- og frabringer transport. Den alternative specifikke konstant  $ASC_p^x$  er segmenteret efter zone-interne og zone-eksterne ture og kalibreres i modellen for valg af transportmiddel.

### Tidsværdier

De anvendte tidsværdier er hentet fra det danske tidsværdistudie DATIV og afhænger dermed af transportmiddel og formål. I DATIV-studiet er tidsværdierne angivet for år 2004. Tidsværdierne er tidsafhængige og omregnes til øvrige år proportionalt til ændringen i bruttonationalproduktet BNP efter udtrykket:

$$(4) \quad VOT_{pm}^y = VOT_{pm}^{2004} \cdot \left[ 1 + \omega \cdot \left( \frac{BNP^y}{BNP^{2004}} - 1 \right) \right]$$

hvor proportionalitetsfaktoren er sat til 0,55, som i den engelske trafikmodel.

	Bane	Vej
Arbejde	0,855	1,484
Uddannelse	0,983	1,412
Hente/bringe	0,924	1,254
Indkøb	0,924	1,254
Besøg	0,954	1,371
Fritid	0,954	1,371
Ferie	0,954	1,371
Erhverv	4,738	4,738

Tabel 3: Tidsværdier (2008) i modellen efter turformål og transportmiddel.

DATIV's tidsværdier for bil er tillige omregnet fra tidsværdier per bil til tidsværdier per person, idet der gennemsnitligt er antaget 1,12 personer per bil for turformålene Arbejde og Erhverv, mens der for de øvrige antages gennemsnitligt 1,66 personer per bil.

## Delmodellerne i TIM

### Fremskrivning af turantal

Det samlede antal ture for hvert formål  $B_p^{2008}$  i basisåret 2008 er udregnet med TU-data og den givne definition af en tur. Turantallet fremskrives baseret på udviklingen i befolkningen samt en simpel antagelse om fastholdelse af den historiske udvikling i turfrekvensen (antal ture per person) opdelt på de 8 turformål.

$$(5) \quad T_p^y = B_p^{2008} \cdot \left( \frac{POP^y}{POP^{2008}} \right) \cdot \left( \frac{R_p^y}{R_p^{2008}} \right)$$

Den historiske udvikling i turfrekvens er estimeret på TU-data for perioden 1994 til 2006.

Turformål	Relativ ændring turfrekvens (2008 => 2020)
Arbejde	- 10 %
Uddannelse	- 10 %
Hente/bringe	+ 25 %
Indkøb	+ 25 %
Besøg	+ 10 %
Fritid	+ 10 %
Ferie	+ 10 %
Erhverv	+ 170 %

**Tabel 4: Modellens relative ændringer i turfrekvens efter turformål estimeret på TU-data.**

### Turfordeling

Turfordelingen foregår med en simpel gravitationsmodel med zone-segmenterede produktions- og attraktions-variable, samt en afstand mellem zonerne baseret på en sammenvejning af generaliserede omkostninger (rejsetider og omkostninger) for vej og bane, hvor fordelinger for sammenhængen mellem antal ture og generaliserede omkostninger for vej er estimeret på baggrund af TU data:

$$(6) \quad GT_{ijp}^y = \alpha_{ip} \cdot \beta_{jp} \cdot P_{ip}^y \cdot A_{jp}^y \cdot D_p(C_{ijp}^y)$$

Gravitationsmodellen er den samme som blev anvendt til fastlæggelse af basismatricen. Ændringer i turfordelingen tillades nu imidlertid dels at ske gennem ændringer i de generaliserede omkostninger for vejtransport, men også gennem ændringer i de generaliserede omkostninger for bane, idet disse i TIM sammenvægtes:

$$(7) \quad C_{ijp}^y = CF_p^y \cdot (W_{ijp1}^y \cdot C_{ijp1}^y + W_{ijp2}^y \cdot C_{ijp2}^y), \quad \text{hvor} \quad W_{ijp1}^y + W_{ijp2}^y = 1$$

I basisfremskrivningen er gravitationsmodellen (med  $W_{ijp1}^{2020} = 1$ ) kalibreret via faktoren  $CF_p^y$ , således ændringen i den gennemsnitlige turlængde for hvert turformål svarer til en estimeret historisk udvikling baseret på en analyse af TU-data, samt således at den relative vækst i transportarbejdet på vej og bane modsvarer væksten i Infrastrukturkommissionens fremskrivning. Faktoren kan tolkes at udtrykke ændringer i vilkårene for vej- og banetransport, som ikke eksplicit er repræsenteret ved modellens generaliserede omkostningsudtryk.

Ved basisfremskrivningen til 2020 regnes pivot-point korrigeret til basis 2008:

$$(8) \quad F_{ijp}^{2020} = GF_{ijp}^{2020} \cdot \frac{B_{ijp}^{2008}}{GB_{ijp}^{2008}} \cdot \frac{F_p^{2020}}{\sum_{ij} GF_{ijp}^{2020} \cdot \frac{B_{ijp}^{2008}}{GB_{ijp}^{2008}}}$$

Ved et scenarie i 2020 modelberegnes pivot-point korrigeret til basisfremskrivningen 2020:

$$(9) \quad T_{ijp}^{2020} = GT_{ijp}^{2020} \cdot \frac{F_{ijp}^{2020}}{GF_{ijp}^{2020}} \cdot \frac{F_p^y}{\sum_{ij} GT_{ijp}^{2020} \cdot \frac{F_{ijp}^{2020}}{GF_{ijp}^{2020}}}$$

Turformål	Relativ ændring turlængde (2008 => 2020)
Arbejde	+ 10 %
Uddannelse	+ 10 %
Hente/bringe	0 %
Indkøb	0 %
Besøg	+ 3 %
Fritid	+ 3 %
Ferie	+ 3 %
Erhverv	0 %

**Tabel 5: Modellens relative ændringer i den gennemsnitlig turlængde efter formål estimeret på TU-data.**

### Transportmiddelvalg

Modellen for valg af transportmiddel (m) involverer en traditionel bimodal logit-model til valg mellem bane og vej baseret på generaliserede omkostninger:

$$(10) \quad M_{ijpm}^y = T_{ijp}^y \cdot \frac{\exp(-\mu \cdot C_{ijpm}^y)}{\exp(-\mu \cdot C_{ij1}^y) + \exp(-\mu \cdot C_{ij2}^y)}$$

Skalaparameteren er fastsat til  $\mu = 0,01$  og estimeret ved undersøgelse af modellens elasticitet for ændringer i rejsetider og omkostninger på ture og transportarbejder for vejtransport henholdsvis bane-transport sammenlignet med elasticiteter i trafikmodellerne OTM og SAMPERS. Sammenstillingen vanskeliggøres imidlertid af forskelle på, hvad elasticiteterne dækker over. Den alternative specifikke konstant  $ASC_p^x$  i den generaliserede omkostning for bane er kalibreret således, at modellen i basis-året på landsplan giver basismatricens fordeling af ture på henholdsvis vej og bane, idet der skelnes mellem zone-eksterne og -interne ture.

Ved en scenarieberegning modelberegnes pivot-point korrigeret til basis:

$$(11) \quad T_{ijpm}^y = T_{ijp}^y \cdot \frac{M_{ijpm}^y \frac{B_{ijpm}^{2008}}{M_{ijpm}^{2008}}}{M_{ijp1}^y \frac{B_{ijp1}^{2008}}{M_{ijp1}^{2008}} + M_{ijp2}^y \frac{B_{ijp2}^{2008}}{M_{ijp2}^{2008}}}$$

Turformål	Vej	Bane	I alt	Vej	Bane	I alt
	Mio. ture	Mio. ture	Mio. ture	Mia. km	Mia. km	Mia. km
Arbejde	551	47	598	12,9	1,4	14,2
Uddannelse	75	6	81	1,6	0,2	1,8
Hente/bringe	281	10	291	2,5	0,1	2,7
Indkøb	671	22	693	10,0	0,8	10,8
Besøg	456	30	486	11,2	1,2	12,4
Fritid	363	20	383	9,6	0,7	10,4
Ferie	93	8	101	4,6	0,5	5,1
Erhverv	125	10	135	5,8	0,6	6,5
<b>I alt</b>	<b>2.226</b>	<b>154</b>	<b>2.767</b>	<b>58,2</b>	<b>5,5</b>	<b>63,8</b>

Tabel 6: Overordnede antal ture og persontransportarbejde i modellens fremskrivning for 2020.

Basisfremskrivningen fra 2008 til 2020 indikerer en vækst på 8 % i antallet af ture med bane. Det tilhørende banetransportarbejde forudses at vokse med 17 % i rimelig overensstemmelse med Trafikstyrelsens forventning om en vækst på 13 %. På vejsiden repræsenterer fremskrivningen fra 2008 til 2020 en vækst i antallet af ture med bil på 17 % og en vækst i transportarbejdet på 26 % i overensstemmelse med Infrastrukturkommissionens fremskrivning for vejtransportarbejdet.

### Nygenerering af ture

I forbindelse med modelberegning af scenarier omfatter TIM endvidere nygenerering af ture med bane, som følge af ændringer i baneudbuddet:



$$(12) \quad T_{ijp2}^{*y} = T_{ijp2}^y + B_{ijp2}^y \cdot \varepsilon \cdot \frac{(C_{ijp2}^y - C_{ijp2}^{yBASIS})}{C_{ijp2}^{yBASIS}}$$

Denne turgenerering regnes i forhold til basisfremskrivningens antal ture med bane og de generaliserede omkostninger med bane i fremskrivningsåret. Elasticiteten for nygenerering af baneture er estimeret til  $\varepsilon = -4.4$  på baggrund af statistik for antallet af baneture over Storebælt før og efter åbningen af den faste forbindelse.

## Konklusion

Der er opstillet en meget simpel trafikmodel (TIM), som kan benyttes til at belyse konsekvensen af større ændringer i omkostninger og udbud på vej og/eller bane. Den grove model omfatter, som store detaljerede og komplekse trafikmodeller, væsentlig simplere delmodeller for fremskrivning, turproduktion og -attraktion, turfordeling og transportmiddelvalg. Idet arbejdet med udviklingen af Lands trafikmodellen kun netop er påbegyndt, og dermed foreløbigt ikke kan bringes i anvendelse, er TIM tiltænkt foreløbigt at kunne bidrage til indledende konsekvensvurderinger og screening af diverse store infrastrukturprojekter og tiltag for vej- og banetransport.