



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



**Rapport**

**R55:1978**

**Byggnadsstatik**

# **Trafikberäkningsmodeller**

**En seminarierapport  
sammanställd av  
Kenneth Asp och  
Arne Hansson**

A 831

**Byggforskningen**

R55:1978

TRAFIKBERÄKNINGSMODELLER

En seminarierapport sammanställd  
av Kenneth Asp och Arne Hansson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
770436-9 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Statens vägverk, Stockholm.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Nyckelord:

trafik  
resmål  
färdsätt  
trafikanthbeteende  
beräkningsmetoder  
ekonometriska modeller  
logitmodeller

UDK 656.001.573  
711.73

R55:1978

ISBN 91-540-2880-9  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm



## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	SAMMANFATTNING AV SEMINARIE- DISKUSSIONERNA .....	5
1	INLEDNING .....	7
1.1	Bakgrund och syfte .....	7
1.2	Program för seminariet .....	8
1.3	Deltagare .....	9
DEL I	EKONOMETRISKA MODELLER UTFÖRD OCH PÅGÅENDE FORSKNING .....	11
	Modeller för samtidigt val av färdmål och färdmedel Staffan Widlert .....	13
	Empiriska erfarenheter av logit- modellen som färdmedelsvalsmodell - en översikt Göran Tegnér, Staffan Widlert .....	35
	Logitmodellens användning i Öre- sundsutredningen Staffan Algiers .....	49
	Sammanfattning av utländska er- farenheter med speciell inrikt- ning på sekventiella, disaggrege- rade modeller Nils Bruzelius .....	61
DEL II	JÄMFÖRELSE MED KONVENTIONELLA TRAFIKBERÄKNINGSMODELLER .....	75
	Jämförelse mellan konventionella och ekonometriska modeller Eric Read .....	77
	Jämförelse mellan konventionella och ekonometriska modeller Göran Tegnér.....	107
DEL III	ANGELÄGENHETSGRAD OCH INRIKTNING FÖR FoU OM TRAFIKBERÄKNINGSMODELLER.....	131
	Debattinlägg och diskussionsreferat.....	133
	Inledning.....	134
	Synpunkter på fortsatt forskning kring modeller för beräkning av trafikmängder Eric Read .....	135
	Angelägen FoU inom trafikberäk- ningsområdet Göran Tegnér, Staffan Widlert.....	139
	Trafikberäkningsmodeller - trafik- forskning. Synpunkter på priori- tering Tage Wiklund .....	145

Forskning om trafikberäknings- modeller som del i den totala trafikforskningen	
Stellan Lundberg .....	152
Diskussion kring angelägenhets- grad och inriktning för FOU om trafikberäkningsmodeller .....	160

## SAMMANFATTNING AV SEMINARIEDISKUSSIONERNA

Seminariets främsta syfte var att med utgångspunkt från en översiktlig sammanfattning av nuvarande kunskaper och erfarenheter om metoder för trafikberäkningar skapa en diskussion kring inriktning av fortsatt forsknings- och utvecklingsarbete. I några avseende framfördes vid seminariet divergerande åsikter.

En sammanfattning av seminariet kan göras enligt följande punkter:

- Modeller för trafikberäkningar måste utgå från den ram inom vilken de tillämpas och det är sannolikt inte möjligt eller ens lämpligt att använda samma modell för alla tillämpningar. Därför måste det anses som viktigt att kartlägga vilka behov av trafikberäkningar som finns på olika nivåer och i olika skeden av planeringsprocessen och med utgångspunkt härifrån kartlägga vilka FoU-behov som föreligger.
- Förutom för de traditionella tillämpningarna, prognoser av trafikmängder, finns behov av modeller för en mängd andra ändamål: beräkningar av effekter av förändringar i trafiksystem på kort sikt, beskrivningar av resmöjligheter och resstandard för olika grupper i samhället, bedömningar av effekter av radikala förändringar på utbudssidan (t ex energikris), utvärdering av alternativlösningar på olika planeringsproblem, etc.
- De senare, "nya" tillämpningarna ökar sannolikt i vikt relativt de konventionella och det torde vara mer angeläget att satsa på en utveckling av modeller för dessa nya ändamål, där beräkningsmetoder delvis nu saknas.
- För den konventionella tillämpningen av trafikprognoser finns dels en mängd olika varianter av vad som kallas gravitationsmodeller, dels ett antal varianter benämnda logitmodeller eller ekonometriska modeller. Dessa modelltyper har härletts från olika utgångspunkter men blir i många avseenden identiska. Skillnaden blir i praktiken ofta enbart en fråga om terminologi. De olika modellernas uttryck för fördelningar på områden, färdmedel och färdvägar får således ofta samma matematiska form.
- Väsentligt olika resultat, oavsett typ av modell, kan emellertid erhållas beroende på vilka aggregeringar (t ex från individer till områden) som görs vid dels bestämning av parametervärden, dels prediktionen (framskrivningen). Många resultat tyder på att en högre grad av aggregering, såsom vid kalibrering mot en resmatrix med stora områden, kan ge relativt stora fel. Vissa hävdar att en höggradig

disaggregering å andra sidan visat sig betydligt mer kostnadskrävande och svåröverblickbar. Fortsatt forskning torde krävas för att avgöra i vilka sammanhang den lägre noggrannheten resp den högre kostnaden kan accepteras.

- På forskningsplanet har studier på mikronivå, med beteende-vetenskapliga eller ekonomiska utgångspunkter, visat sig kunna ge värdefull kunskap om individers resmönster. Studier på makronivå, avseende samband mellan t ex resalstring och markutnyttjande/lokalisering, har medfört en fördjupad insikt om transportapparatens funktioner. Båda dessa typer av forskning torde även framgent vara av värde.
- Dataunderlaget för planering, för kalibrering av trafikberäkningsmodeller och för forskning är bristfälligt. Bl a saknas data avseende tidsserier, vilka skulle möjliggöra studier av olika parametrars stabilitet över tiden samt uppföljningar av prognosresultatet.
- Det finns ett kommunikationsproblem mellan å ena sidan forskare och "experter" (t ex konsulter) samt å andra sidan kommunala planerare och beslutsfattare. De förra har ofta svårigheter att för den praktiskt arbetande planeraren beskriva sina modeller och beräkningsresultat i för denne begripliga termer. Återföringen av resultat och erfarenheter från praktisk verksamhet till forskning är också i många fall bristfällig. Detta kommunikationsproblem kräver troligen utbildningsinsatser i någon form för att överbryggas. 1)

---

1) Se Trafik och bebyggelse. Förslag till forskningsprogram, sid 97-102.  
Statens råd för byggnadsforskning.  
Stockholm 1977

## 1 INLEDNING

### 1.1 Bakgrund och syfte

Under det senaste decenniet har utveckling pågått av en ny typ av trafikberäkningsmodeller s k ekonometriska modeller. Av dessa utgör den s k logitmodellen den mest använda och har främst använts för beräkning av färdmedelsval.

Den befintliga kunskapen om dessa modeller är f n relativt begränsad och åsikterna går starkt isär beträffande användbarhet och utvecklingsmöjligheter.

Behovet av en sammanfattning av dagens kunskaper och en diskussion kring FoU-arbetets fortsatta inriktning har uppmärksamats av Byggforskningsrådet (BFR).

Statens vägverk har därför erhållit i uppdrag av BFR att genomföra ett seminarium kring modeller för trafikberäkning med särskild tonvikt på ekonometriska modeller. Seminariet ska därvid syfta till följande:

- sammanställning av hittillsvarande erfarenheter av ekonometriska trafikberäkningsmodeller - speciellt logitmodellen
- diskussion och informationsutbyte mellan berörda forskare och avnämare
- jämförelse av konventionella och ekonometriska trafikberäkningsmodeller
- underlag för bedömning av behov och inriktning av fortsatt forskning inom området.

Denna rapport utgör en slutlig dokumentation av seminariet, och redovisar förutom föredragningar och vissa förberedda inlägg även ett referat av den efterföljande diskussionen.

1.2 Program för seminariet

Tidpunkt: 1977-09-21

Lokal: BFR

- 09.00 Mötet öppnas  
Karl Sicking, Statens vägverk
- DEL I: EKONOMETRISKA MODELLER. UTFÖRD OCH PÅGÅENDE FORSKNING
- 09.10 Modeller för samtidigt val av färdmål och färdmedel  
Staffan Widlert, SLL, tidigare AIB
- 09.50 Användning av logitmodellen för bestämning av effekter av 70-kort, parkeringsavgifter etc på färdmedelsvalet i Stockholm  
Göran Tegnér, SLL
- 10.30 Kaffe
- 11.00 Logitmodellens användning i Öresundsutredningen  
Staffan Algers, Statens vägverk
- 11.40 Sammanfattning av utländska erfarenheter  
Rapport från möte i Australien  
Nils Bruzelius, Stockholms universitet

I tiden för varje föredrag har 15 minuter avsatts till frågor och diskussion.

12.20 Lunch

DEL II: JÄMFÖRELSE MED KONVENTIONELLA TRAFIKBERÄKNINGSMODELLER

- 13.00 Jämförelse mellan ekonometriska och konventionella modeller. Uppbyggnad, användningsändamål, praktiska användningsmöjligheter idag, utvecklingsmöjligheter  
Eric Read, VBB
- 13.45 D:o  
Göran Tegnér, SLL
- 14.30 Kaffe

DEL III: ANGELÄGENHETSGRAD OCH INRIKTNING FÖR FOU OM TRAFIKBERÄKNINGSMODELLER

- 15.00 Angelägen FOU inom trafikberäkningsområdet  
Eric Read, VBB
- 15.10 D:o  
Göran Tegnér, SLL
- 15.20 Forskning om trafikberäkningsmodeller som del i den totala trafikforskningen. Prioritering mellan olika problemområden.  
Tage Wiklund, Statdsbyggnadskontoret, Stockholm och Stellan Lundberg, Statens vägverk, Stockholm
- 15.40 Diskussion om önskvärd forskningsinriktning
- 16.30 ca Mötet avslutas



1.3 Deltagare

Staffan Algers	Statens vägverk, Stockholm
Willy Andersson	Stockholms läns landsting, Stockholm
Kenneth Asp	Statens väg- och trafikinstitut, Linköping (sekr)
Carl-Olof Berglund	Allmänna Ingenjörbyrå, Stockholm
Krister Berring	
Bo Björkman	Institutionen för trafikplane- ring, Stockholm
Yngve Boye	Statens vägverk, Stockholm
Nils Bruzelius	Stockholms universitet, Stockholm
Claes Cassel	Statistiska Centralbyrån, Stockholm
Claes Dolk	
Mikaela Eckered	Statens råd för byggnadsforskning
Sven Erlander	Institutionen för matematik, Linköping
Boo Frejrud	Stadsbyggnadskontoret, Göteborg
Ulf Halloff	Riksrevisionsverket, Stockholm
Stein Hansen	Norkonsult, Höövik, Norge
Arne Hansson	Vattenbyggnadsbyrå, Malmö
Bengt Holmberg	Institutionen för trafikteknik, Lund
Kjell Jansson	Storstockholms lokaltrafik
Stig Jonsson	Stockholms läns landsting, Stockholm
Roland Karlsson	Orrje & Co, Stockholm
Tore Knudsen	Norges Tekniske Høgskole, Trondheim, Norge
Boo Lenntorp	Institutionen för kulturgeografi, Lund
Gunilla Lindfelt	Stadsbyggnadskontoret, Stockholm
Jöran Lindwall	Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm
Stellan Lundberg	Statens vägverk, Stockholm (kontaktman)
Sulevi Lyly	Tekniska Högskolan, Esbo, Finland
Eric Read	Vattenbyggnadsbyrå, Göteborg
Otto Schiøtz	Vejdirektoratet, Danmark
Karl Sicking	Statens vägverk, Stockholm (ordf)
Bo Sellstedt	Trafikpolitiska utredningen, Stockholm
Gunnar Sävenstedt	Institutionen för statistik, Umeå
Göran Tegnér	Stockholm läns landsting, Stockholm
Börje Thunberg	Statens väg- och trafikinstitut, Linköping
Christer Wallström	Malmö gatukontor, Malmö
Staffan Widlert	Stockholms läns landsting, Stockholm
Tage Wiklund	Stadsbyggnadskontoret, Stockholm
Bosse Östlund	Nordisk Planeringskonsult, Göteborg





DEL I

EKONOMETRISKA MODELLER

UTFÖRD OCH PÅGÅENDE FORSKNING



## MODELLER FÖR SAMTIDIGT VAL AV FÄRDMÅL OCH FÄRDMEDEL

Staffan Widlert

## INNEHÅLL

- 1 BAKGRUND OCH SYFTE
- 2 STUDERAD VALSITUATION
- 3 METOD
- 4 DATAINSAMLING
- 5 VILKA FAKTORER INVERKAR PÅ INKÖPS-  
RESEMÖNSTRET?
- 6 HUR MYCKET BETYDER OLIKA FAKTORER?
- 7 HUR STABIL ÄR MODELLEN?
- 8 HUR BRA ÄR MODELLEN?
- 9 HUR KAN MODELLERNA ANVÄNDAS?
- 10 DISKUSSIONSREFERAT

## REFERENSER

Bilaga 1: LOGITMODELLEN

## 1 BAKGRUND OCH SYFTE

Vid trafikprognoser används någon form av matematisk modell som på ett mer eller mindre realistiskt sätt beskriver verkligheten.

En trafikmodell förutsätter alltid vissa antaganden om vad som styr resbeteendet. Modellens användbarhet som prognosinstrument är självfallet beroende av hur väl den beskriver verkligheten, dvs hur väl den beskriver trafikantens beteende. Eller för att citera Moshe Ben-Akiva (1):

The specification of a travel demand model necessarily embodies some assumptions about the relationships among the variables underlying travel behaviour. Predictions made by the model are conditional on the correctness of the behavioural assumptions and, therefore, are no more valid than the behavioural assumptions on which the model is based. A model can duplicate the data perfectly, but may serve no useful purpose for prediction if it represents erroneous behavioural assumptions.

Idag använda prognosmodeller har flera svagheter. De saknar de flesta förklaringsvariabler som är intressanta för planeraren och de kan därför ofta inte beskriva effekten av aktuella åtgärder. Modellerna bygger inte heller på realistiska antaganden om trafikanternas beteende. Traditionella modeller beskriver, snarare än förklarar verkligheten. De kalibreras på grupper av individer som aggregeras till geografiska zoner. Det förefaller rimligt att en modell som beskriver trafikanternas beteende istället borde behandla enskilda individers beteende ty "zones don't commute, people commute".

Det i denna sammanfattning beskrivna projektet utgör andra etappen i ett forskningsprojekt vid Allmänna Ingenjörbyrå AB med det ursprungliga huvudsyftet att beskriva parkeringsuppoffringarnas inverkan på individernas beteenden vid olika restyper (med parkeringsuppoffring menas parkeringsavgift, gångavstånd till parkeringsplats etc). Syftet med projektet vidgades vartefter till att också skapa mer generella prognosmodeller som kan användas för utvärdering av andra trafikpolitiska frågor än enbart parkeringspolitiska, modeller som på ett riktigt sätt beskriver, förklarar och förutsäger individernas beteende. Modellerna skall vara anpassade till relevanta frågeställningar och beskriva trafikantens valsituation utifrån rimliga antaganden om individernas beteende. I projektets första etapp behandlades arbetsresor, i den här beskrivna etappen behandlas inköpsresor. Resultaten från etapperna finns dokumenterade i två rapporter ( (2) resp (3) ).

## 2 STUDERAD VALSITUATION

Vid inköpsresor väljer individen resfrekvens, tid på dagen, destination, färd sätt och resväg. I ett mer långsiktigt tidsperspektiv väljs också exempelvis bostadens belägenhet. I en simultan modell förutsätts trafikanten göra de olika valen samtidigt (simultant). Trafikanten tänks överväga samtliga egenskaper hos samtliga kombinationsmöjligheter samtidigt. I en sekventiell modell, som t ex den vanliga fyrstegsmodellen, tänks trafikanten göra sitt val i en viss ordning. Trafikanten tänks t ex först bestämma sig för att resa (oberoende av färdmål och färd sätt), sedan för vart han skall resa (oberoende av tillgängliga färd sätt till olika destinationer), därefter hur han skall resa och till slut vilken väg han skall resa.

Att en sekventiell uppdelning av valsituationen inte alltid beskriver trafikantens verkliga beteende torde stå klart. Ben Akiva (1) har också visat att modellresultaten från sekventiella och simultana modeller kan skilja sig avsevärt. Om samtliga de aktuella valen bör beskrivas simultant eller om det existerar en sekventiell beslutsprocess vet vi ännu inte. I denna inledande studie valdes att begränsa studien till det samtliga valet av resmål och färd sätt. Av de olika valen förefaller dessa två att vara mest uppenbart beroende av varandra. Vidare begränsades studien till bostadsbaserade inköpsresor, dvs inköpsresor med start och mål i den egna bostaden. Eftersom det ursprungliga syftet var att beskriva parkeringsuppoffringarnas inverkan på valet så studerades enbart individer med körkort och tillgång till bil. De ej bildisponerandes valsituation kommer att beskrivas i en tredje forskningsetapp.

## 3 METOD

I studien har använts en s k logitmodell för samtidigt val mellan flera olika alternativ. Modellens härledning från ekonomisk valteori beskrivs i bilaga 1. Modellen kan skrivas:

$$P_i = \frac{e^{V_i}}{\sum_{j=1}^J e^{V_j}}$$

där  $P_i$  = sannolikheten att en viss individ väljer alternativet i från de tillgängliga alternativen  $j = 1, 2, \dots, J$ .

$V_i$  = individens nytta av alternativ i

Nyttan är en funktion av egenskaper hos alternativet (t ex restid) och karakteristika för individen (t ex ålder).  $V_i$  antages ha formen:

$$V = \sum_{k=1}^K Z_k \cdot \beta_k$$

där  $Z$  = en vektor av förklaringsvariabler

$\beta$  = en vektor av koefficienter som skall bestämmas för varje modell.

För att av denna formel skapa en trafikprognosmodell krävs för det första att man väljer ut en lämplig uppsättning förklaringsvariabler ( $Z$ ) och för det andra att man därefter bestämmer värdena på koefficienterna  $\beta$ .

Koefficienterna bestäms genom observationer av hur ett urval konsumenter har valt och observationer av de möjliga alternativ som ej valdes. Man söker med statistiska metoder den uppsättning koefficienter som bäst förklarar det observerade beteendet. Modellens generella form bestäms således utifrån ekonomisk teori för hur individer beter sig i en valsituation och modellens koefficienter utifrån individernas faktiska observerade beteende.

## 4 DATAINSAMLING

Det erforderliga observationsmaterialet samlades in genom brevenkäter i Västerås och Hallstahammars kommuner under oktober 1975. Orterna valdes så att goda valmöjligheter skulle finnas mellan olika färdmedel och inköpsställen, samt mellan parkeringsplatser inom olika avstånd och med olika avgifter. Samtidigt måste valsituationen vara enkel nog för att beskrivas realistiskt.

Inom de valda orterna utvaldes vissa delområden så att så stor spridning som möjligt erhöles i variabler som avstånd till kollektivtrafiklinjer och inköpsställen, samt befolkningsstruktur och bebyggelsestruktur. För att begränsa inventeringsarbetet gjordes en totalundersökning av populationen (i vissa åldrar) inom dessa delområden.

Enkäterna skickades till bostaden. Information om syftet med undersökningen gavs dels i ett missivbrev som bifogades enkäten, dels i två tidningsartiklar och i ett inslag i lokalradion. De som ej besvarat enkäten efter ca 14 dagar fick en ny enkät med ett påminnelsebrev. Efter ytterligare ca 14 dagar sändes ett andra påminnelsebrev där betydelsen av att samtliga svarade ytterligare poängterades.

Totalt erhöles svar från 79 % av urvalet. Denna siffra inkluderar även enkäter som returnerats obesvarade där anledningen var flyttning, dödsfall, arbete på annan ort etc, dvs enkäter till personer som ej tillhörde målgruppen men ändå skickats ut p g a brister i urvalsramen. Dessa utgör 8 % av samtliga i urvalet. Om dessa bortses fördelar sig återstoden på följande sätt:

	<u>Antal</u>	<u>%</u>
Svar	2.661	77
(fullständiga svar)	2.158	63)
(ej fullständiga svar)	503	14)
<u>Ej svar</u>	<u>778</u>	<u>23</u>
Totalt	3.439	100

Av de som besvarat enkäten fullständigt är det endast gruppen bildisponerare med körkort som befinner sig i en reell valsituation som studerats i modellenanalysen. Ytterligare krav var att individen skulle ha gjort minst en inköpsresa under den aktuella undersökningsperioden. Genom dessa avgränsningar kom modellmaterialet att bestå av drygt 700 observationer.

En bortfallsanalys för variablerna kön, ålder, individ- och hushållsinkomst samt beoendeform visade att bortfallet avvek måttligt från det totala urvalet. Den mest intressanta skillnaden var att yngre personer



var överrepresenterade i gruppen som ej svarat medan äldre personer var överrepresenterade i gruppen som svarat ofullständigt.

Genom enkäten insamlades uppgifter om individernas socioekonomiska förhållanden, allmänna resförhållanden samt mer detaljerade uppgifter om en speciell inköpsresa. För att undvika känsliga frågor togs ålders- och inkomstuppgifter från taxeringslängden. För att göra brevenkätens omfattning rimlig hämtades en stor del av de använda tids- och avståndsvärdena från separata inventeringar.

95 % av de svarande uppgav att de befann sig i en valsituation, dvs att de kunde tänka sig ett annat färd-sätt och/eller ett annat färdmål än det valda. I modellmaterialet - där alla befann sig i en valsituation - var antalet övervägda alternativ (antal färd-sätts-/destinationskombinationer) i genomsnitt 4,3 (inklusive det valda alternativet). Ca 75 % övervägde 5 alternativ eller färre. Det kan således konstateras att den helt övervägande delen av individerna ansåg att de hade en verklig valmöjlighet och att de övervägde ett relativt måttligt antal alternativ. Den valda modellansatsen förefaller därför ur denna aspekt välmotiverad.



## 5 VILKA FAKTORER INVERKAR PÅ INKÖPSRESEMÖNSTRET?

De faktorer som inverkar på inköpsresemönstret kan grovt delas in i trafikstandardfaktorer, attraktivitetsfaktorer och socio-ekonomiska faktorer. Trafikstandardfaktorerna som kan komma ifråga är tidsuppoffringar, kostnader samt faktorer som bekvämlighet, säkerhet osv. När tidsuppoffringen för olika färdsätt delades upp i sina komponenter vid modellanalysen (gångtid, färdtid etc) visade det sig svårt att få rätt tecken och signifikans för samtliga komponenter. Förklaringen till detta är troligen bl a dålig spridning för vissa tidsvariabler i materialet samt att speciellt färdsättet buss valts mycket sällan i observationsmaterialet. De trafikstandardvariabler som visat sig fungera bäst var totaltid, totalkostnad samt färdsättskonstanter. Konstanterna visar att när tidsåtgång och kostnad är lika för alla färdsätt åker man helst bil, i andra hand går man, i tredje hand cyklar man och först i sista hand åker man buss vid inköpsresor om man har tillgång till bil.

Test med olika attraktivitetsmått visade att det bästa resultatet erhöles när ett inköpsställes attraktivitet antogs variera linjärt med omsättning eller yta. Yta gav aningen bättre resultat än omsättningen. Det bästa resultatet erhöles när attraktivitetsmättet "yta respektive gren" användes (dvs detaljhandelsyta i livsmedelshandel om inköpet endast avser livsmedel, detaljhandelsyta i övrig handel om inköpet ej avser livsmedel, total detaljhandelsyta om inköpet avser både livsmedel och andra varor). Olika destinationskonstanter som prövades gav ingen förbättring av resultatet vilket tyder på att de använda måtten fungerar väl. Dessa slutsatser överensstämmer med det resultat som har erhållits i TFD-studie över inköpsresor (Halloff (4)), där man visat att detaljhandelsområdets centralitet samvarierar linjärt med deras omsättning.

Av de olika socio-ekonomiska variabler som prövats i modellen kunde endast två visas inverka signifikant på valet, "kön - bil" (= hur mycket sannolikheten att välja bil påverkas av individens kön, variabeln är lika med ett om individen är man och det aktuella alternativet är bil, i övriga fall lika med noll) och "inköpsresans totala varaktighet - bil" (variabeln är lika med inköpsresans totala varaktighet om det aktuella alternativet är bil, i övriga fall lika med noll). Sannolikheten att välja bil var större för män än för kvinnor och den ökade vid ökande varaktighet hos inköpsärendet. Särskilt intressant är att konstatera att inkomsten inte hade någon inverkan på sannolikheten att välja bil vid inköpsresor. Däremot har den naturligtvis inverkan på benägenheten och möjligheten att skaffa bil.

Den bästa förklaringsmodellen innehöll förklaringsvariabler (z) enligt tabellen nedan. Även storlek och tecken för koefficienterna ( $\beta$ ) visas.

Variabel (z)	Koefficient ( $\beta$ )	t-värde
Total restid min	- 0.0140	2.07
totalkostnad kr	- 0.0820	2.09
bilkonstant	- 0.5211	1.97
busskonstant	- 1.3140	3.80
cykelkonstant	- 0.9502	4.18
yta respektive gren, tusental m <sup>2</sup>	+ 0.0214	10.06
kön -bil	+ 1.2840	5.46
inköpsresans totala varaktighet - bil min	+ 0.1125	4.03

t-värdet i tabellen är absolutbeloppet av koefficientvärdet dividerat med medelfelet i koefficientberäkningen. Värdet utgör en test på om koefficienten är signifikant skild ifrån noll. Ju högre t-värde, desto större sannolikhet för att koefficienten verkligen är skild ifrån noll (ett högt t-värde bevisar däremot inte att vi har funnit det "sanna" värdet på koefficienten). Samtliga koefficienter i tabellen är signifikanta på 95%-nivån ( $t \geq 1,96$ ).

Koefficienterna måste även ha rätt tecken. Om exempelvis restiden ökas för ett visst alternativ förväntas sannolikheten för att det alternativet som väljs minska. Även detta krav är uppfyllt för den visade modellen.

Den visade modellen är den av de studerade modellerna som bäst förklarar och beskriver individernas valsituation. När en modell skall användas i en prognossituation saknas normalt värden på individnivå. Därvid krävs att den modell som skall användas har variabler som är möjliga att prognostisera. Vidare bör modellen vara så enkel som möjligt. I den visade modellen är det främst variablerna "yta respektive gren", "inköpsresans totala varaktighet-bil" och "kön-bil" som är svåra att använda. Attraktivitetsvariabeln kräver kunskap om hur stora andelar som enbart handlar livsmedel, som enbart handlar specialvaror och hur stor andel som handlar bådadera. Dessa uppgifter är mycket svåra att prognostisera. Andelen män i befolkningen går visserligen att prognostisera men variabeln är ändå inte särskilt intressant i en prognosmodell. Av denna anledning estimerades tre speciella prognosmodeller.

Variabel	Modell 1		Modell 2		Modell 3	
	koeffi- cient	t- värde	koeffi- cient	t- värde	koeffi- cient	t- värde
total restid min	-0.0143	2.32	-0.0171	4.01		
totalkostnad kr	-0.0206	0.59			-0.0777	3.32
bilkonstant	+0.8893	5.41	+0.8401	5.93	+1.0540	7.40
busskonstant	-1.6350	4.96	-1.6080	4.93	-1.8020	5.80
cykelkonstant	-0.8965	4.02	-0.9130	4.12	-0.8124	3.75
totalyta tusental m <sup>2</sup>	+0.0103	6.53	+0.0101	6.53	+0.0092	6.14

I modell 1 är koefficienten för totalkostnad ej signifikant på en samvariation mellan tid och kostnad. Modell 2 estimerades därför utan kostnadsvariabel och modell 3 utan tidsvariabel. I dessa modeller blev alla koefficienter starkt signifikanta. Det bör dock observeras att när tids- eller kostnadsvariabeln utesluts så ökar den återstående variabelns koefficient varför de två sista modellerna tenderar att överskatta effekten av kostnads- respektive tidsförändringar.

## 6 HUR MYCKET BETYDER OLIKA FAKTORER?

Styrkan av en faktors inverkan på inköpsresemönstret - i detta fall valet av resmål och färd sätt - anges av koefficientvärdena i logitmodellen. Ett enkelt sätt att beskriva olika faktorerens betydelse är att ange deras elasticiteter, dvs procentuella förändringen i sannolikheten att välja ett visst alternativ när ifrågavarande faktorer förändras med en procent. En av logitmodellens egenskaper är att elasticiteten varierar med såväl faktorns värde som med alternativets (resmåls-, färd sätts-) sannolikhet. Detta är betydligt mer realistiskt än att anta konstantelastiska funktioner.

En sortering av faktorerna efter deras inverkan på resmåls- och färd sättsvalet, ger följande rangordning (med aktuella variabelvärden och sannolikheter insatta):

faktor	m a p: alternativ	elasticitet:
yta resp gren	bilorienterade butiker	0.464
yta resp gren	närhetsbutier	0.440
yta resp gren	städsdelscentrum	0.362
yta resp gren	regionala centrum	0.240
reskostnad	buss	-0.183
restid	buss	-0.117
restid	gång	-0.043
reskostnad	bil	-0.031
restid	cykel	-0.026
restid	bil	-0.024

Innebörden är alltså att en enprocentig ökning av ytan i bilorienterade butiker (vissa medelstora butiker speciellt inriktade på bilkunder) leder till att andelen inköpsresor dit ökar med 0.464 procent etc.

Alla elasticiteter är lägre än ett, ytelasticiteterna är dock störst. Villkoret för att en förändring av detaljhandelsytan ska ge upphov till en minst lika stor (procentuell) förändring i andelen inköpsresor har i rapporten härletts till att centret minst måste vara av storleksordningen 80.000-100.000 m<sup>2</sup> butiksyta, dvs betydligt större än Västerås centrum.

Pris- och restidselasticiteterna är genomgående låga, men priselasticiteterna är högre än motsvarande tidselasticitet. De är vidare högre för buss än för bil. Dessutom är de alltid lägre än motsvarande elasticiteter för arbetsresor i Västerås (etapp I). Detta beror delvis på att bilandelen är högre och resavstånden är kortare vid inköpsresor. Vid en standardisering av restider och reskostnader visar sig restidselasticiteten vara högre vid inköpsresor än vid arbetsresor.

Ett restidsvärde på drygt 11 kr/tim för inköpsresor har härletts ur modellen. Detta är betydligt högre (ca 3 ggr) än det tidsvärde som härleddes för arbetsresor i Västerås i etapp I. Övriga restidskomponenter kan relateras till totalrestidsvärdet genom att sätta det senare till indexvärdet ett. Då erhålls följande relativa vikter för restidskomponenter:

totalrestid	1
spilltid bil	1.0
färdtid bil	0.9
färdtid cykel	1.4
färdtid gång	1.7
färdtid buss	4.1

Bland bildisponerande inköpsresenärer värderas alltså en minut i en buss som en ca 4 gånger så stor uppoffring som en bilminut, medan cykel- och gångtid värderas 1.4 resp 1.7 gånger högre än biltid. Övrig fordonsbunden komfort än restid uttrycks av konstanttermerna i denna empiriska tillämpning av logitmodellen.

Eftersom individuella data normalt saknas i en prognossituation genomfördes för ett av de fem undersökningsområdena även en beräkning där endast områdesvisa medelvärden för modellens variabler användes. När beräkningen gjordes för fyra färdstätt och fyra typer av destinationsalternativ blev överensstämmelsen med det verkliga valet lika bra när beräkningen gjordes med på detta sätt aggregerade data som när det gjordes med individuella data (disaggregerade data).

De tester som genomförts visar således att modellen uppför sig mycket väl. Även enkla aggregeringsmetoder ger goda beräkningsresultat varför modellen är enkel att använda i praktiken. Dessvärre är det inte möjligt att med det tillgängliga materialet testa hur väl modellen beskriver effekten av en förändringen i de olika förklaringsvariablerna eller hur väl modellen beskriver valet i en annan ort med helt andra förhållanden. Men eftersom de genomförda testerna gav mycket goda resultat och modellen bygger på teoretiskt välmotiverade antaganden om individernas beteende bör den visade modellen även uppfylla dessa krav.



		Bil	Buss	Cykel	Gång	Summa
Västerås centrum	V	37.1	1.4	0.4	0.7	39.7
	B	28.9	1.0	0.3	0.5	30.7
Köpings centrum	V	0.9	0.0	0.0	0.0	0.9
	B	1.9	0.0	0.0	0.0	2.0
Hallstahammars centrum	V	7.6	0.3	0.0	0.0	7.9
	B	7.1	0.0	0.0	0.0	7.2
OBS stormarknad	V	7.4	0.0	0.0	0.0	7.4
	B	12.2	0.0	0.0	0.0	12.3
Bäckby centrum	V	4.2	0.0	1.6	1.3	7.1
	B	5.6	0.0	0.7	1.7	8.1
Råby centrum	V	2.7	0.0	1.3	2.2	6.2
	B	4.2	0.0	0.8	2.1	7.1
Pettersbergs centrum	V	2.2	0.0	0.1	1.2	3.5
	B	2.5	0.0	0.3	1.2	4.0
Kolbäcks centrum	V	6.1	0.0	0.4	1.0	7.5
	B	6.3	0.0	0.7	1.6	8.6
Vivo Prisa	V	3.8	0.0	0.1	1.4	5.3
	B	3.4	0.0	0.5	1.3	5.3
ICA Trivselköp	V	0	0.0	0	0.3	0.3
	B	0.6	0.0	0.1	0.2	0.9
ICA Dingtuna torg	V	3.5	0.0	0.4	1.3	5.2
	B	3.2	0.0	0.5	1.4	5.1
Vänsta mjölk och speceri	V	0.3	0.0	0.1	0.6	1.0
	B	0.6	0.0	0.1	0.4	1.1
Ringköp Vetterslund	V	5.8	0.0	0.0	0.4	6.2
	B	5.4	0.0	0.5	0.6	6.5
Ringköp Köpingsvägen	V	1.9	0.0	0.0	0.0	1.9
	B	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
Summa	V	83.3	1.7	4.6	10.4	100
	B	83.0	1.2	4.6	11.2	

Figur 1 Verkliga och beräknade andelar för olika alternativ. Procent. V = verklig andel, B = beräknad andel.

## 7 HUR STABIL ÄR MODELLEN?

Tre olika delningar av materialet har prövats - slumpmässig uppdelning, geografisk uppdelning samt socio-ekonomisk uppdelning. De två första delningarna avser att testa modellkoefficienternas stabilitet medan den tredje prövar om olika kategorier i samhället värderar förklaringsvariablerna olika.

Den slumpmässiga delningen visar att modellkoefficienterna är mycket stabila ner till samplestorlekar på ca 300 observationer. t-värdena förbättras långsamt med ökande samplestorlek för totaltid och totalkostnad men snabbare för de socio-ekonomiska variablerna och attraktivitetsvariabeln.

För att kunna använda en modell som estimerats för ett visst område vid prognoser för andra områden krävs att koefficienterna är geografiskt stabila, dvs att de har samma värden för olika områden. När två modeller estimerades för olika områden blev de jämförbara koefficienterna inte signifikant skilda, dvs modellen var stabil mellan dessa två områden.

När separata modeller estimerades för olika socio-ekonomiska grupper visade det sig att både värderingen av tid, kostnad och övriga variabler i modellen var lika mellan de två studerade inkomstgrupperna. Inkomsten hade således inte någon som helst inverkan på den studerade valsituationen.

Största skillnaden mellan de tre åldersgrupperna var att man blev mer benägen att gå till fots ju äldre man var (bland individer med körkort och tillgång till bil).

Män värderar bussen mer negativt och bilen mer positivt än kvinnorna. Värderingen av övriga faktorer skiljer sig inte mellan män och kvinnor.

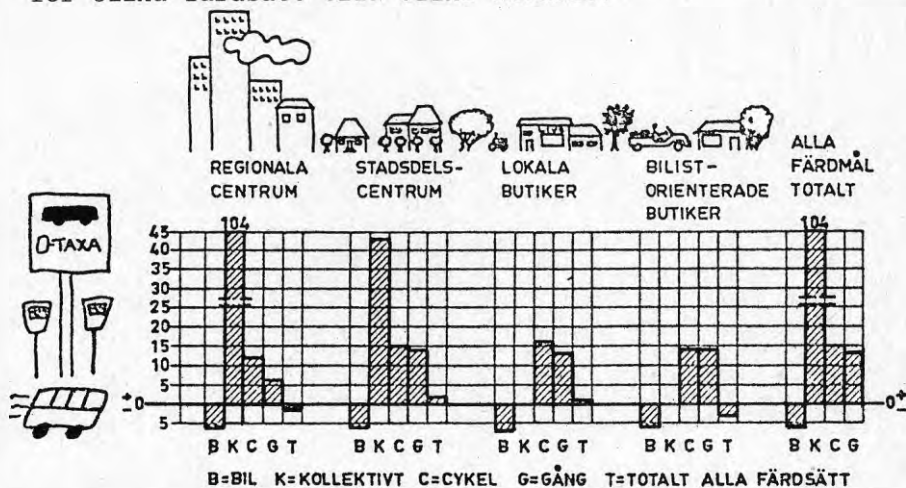
För att studera hur väl modellen beskriver det verkliga beteendet genomfördes ett antal tester. I den första testen delades observationsmaterialet i två hälfter så att det gick att studera hur väl en modell som estimerats för ena hälften av materialet kunde beskriva valet för den hälften som den ej estimerats för. Det visade sig att resultatet bara blev obetydligt sämre (endast 1 %-enhet) när modellen användes på den grupp individer som inte ingick i estimeringssamplet.

Den bästa modellen användes för att beräkna hur individerna i observationsmaterialet borde välja enligt modellen och detta resultat jämfördes med det kända verkliga resmönstret. Denna "prognos av nuläget" genomfördes på individnivå med individuella data. Resultatet visas i tabellen på nästa sida. Överensstämmelsen med det verkliga resmönstret är som framgår synnerligen god.



Modellerna kan användas för att studera effekten av olika trafikpolitiska åtgärder, t ex hur inköpsresenmönstret förändras om busstaxor eller parkeringsavgifter ändras, om restiderna med bil förändras, om bensinpriset höjs osv. Resultaten kan också användas för kostnads/intäktsanalyser för olika trafiklösningar med hjälp av tidsvärden som erhålls ur modellerna och de kan användas för att studera effekten av olika butiksstrukturer t ex nyetableringar av externvaruhus.

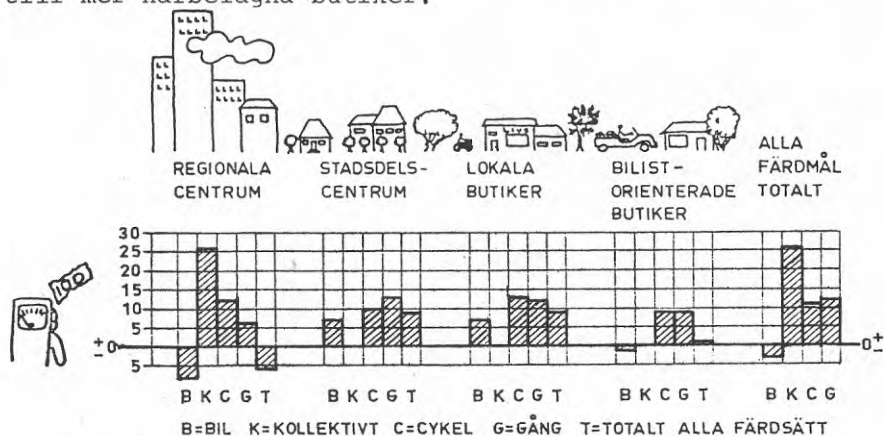
I rapporten exemplifieras användningsområdet genom en beräkning av effekten av olika trafikpolitiska åtgärder för det aktuella materialet. Två exempel visas här. I det första alternativet tänks parkeringsavgiften i Västerås centrum fördubblas, en parkeringsavgift på 2 kr/inköpsresa införd vid övriga inköpsställen (där det i dag saknas avgift), nollltaxa införd på bussarna samt bussarnas restid minskad med 20 %. Alternativet skulle således kunna representera en kraftig satsning på kollektivtrafiken med samtidiga restriktioner för biltrafiken. I figuren nedan visas den beräknade procentuella förändringen av andelarna för olika färd sätt till olika färdmål.



Figur 2 Procentuell förändring av andelar vid kraftig satsning på kollektivtrafik

Trots de omfattande åtgärderna skulle effekten bli måttlig (för den aktuella gruppen bildisponerare). Antalet bussresor skulle visserligen fördubblas, men det skulle bara innebära att bussandelen ökade från 3 % till 6 %. Bilandelen skulle minska med ungefär 6 % för alla färdmål och den totala bilandelen skulle minska från 81 % till 76 %. Som framgår av figuren leder satsningen på kollektivtrafiken och restriktionerna för biltrafiken till att gång- och cykeltrafiken till samtliga färdmål ökar och att stadsdelscentrum och lokala butiker ökar sin andel.

I det andra exemplet illustreras en fördubbling av de rörliga bilkostnaderna, t ex genom en kraftig bensinprishöjning. Som framgår av figuren nedan skulle effekten bli att andelen buss-, cykel och gångtrafikanter skulle öka och att bilandelen skulle minska (ca 3%), men framför allt att resorna skulle göras till mer närbelägna butiker.



Figur 3 Procentuell förändring av andelar vid fördubbling av rörliga bilkostnader.

Bilandelen till regionala centra skulle minska relativt kraftigt och övriga färsätt öka. Totalt skulle de regionala centren tappa ca 7% av sin nuvarande andel. Intressant är att konstatera att bilandelen till de relativt närbelägna stadsdelscentren och lokala butikerna skulle öka enligt modellen, och att dessa centra skulle öka sina andelar med ca 10% vardera. Kraftiga höjningar av bilkostnaderna skulle således leda till små förändringar av det totala färdmedelsvalet, men kraftigare förändringar av förflyttningmönstret. Man skulle i betydligt större omfattning välja att göra sina inköp lokalt, dvs vi skulle få tendenser till en återgång mot tidigare rådande inköpsmönster.

Exemplen visar således hur effekter av åtgärder kan beräknas med modellen, innan de genomförs vilket är särskilt värdefullt eftersom många av de trafikpolitiska åtgärderna är av sådan karaktär att det - om de väl är genomförda - blir mycket svårt att göra förändringar tillbaka till utgångsläget även om resultatet av åtgärden inte skulle bli det önskade.

## 10 DISKUSSIONSREFERAT

Vid diskussionen efter Staffan Widlerts föredrag framhöll Ulf Halloff att han i sitt avhandlingsarbete bl a visat att resfrekvensen för inköpsresor är mycket elastisk. Halloff ifrågasatte tillförlitligheten i modellen för att mäta effekter av olika typer av förändringar. Vid intervjufrågor före och efter en viss förändring ger samma individ olika svar vad gäller förändringseffekter. Modellen ger däremot alltid samma svar. Halloff betonade också de svårigheter som finns för att göra jämförbara geografiska regionavgränsningar.

Arne Hansson framhöll att stora svårigheter föreligger då det gäller att definiera s k alternativ. En ytterligare disaggregering av ett tidigare definierat inköpsställe kan medföra stora problem. Hansson ansåg dessutom att modellen nästan helt motsvarade en s k modifierad gravitationsmodell med vissa restriktioner (beaktas t ex ej antal bilplatser i målpunkter). Staffan Widlert var enig med Hansson om att definitionsproblem föreligger vad beträffar olika alternativ.

Bo Frejrud uttryckte tveksamhet att med modellen alls diskutera förändringar i färdmål för resor mellan bostad-arbete (s k kombinerade resor). Frejrud ansåg också att vid trafikmängdsberäkningar frekvensen inköp var mindre intressant som utgångspunkt. Istället torde omsättningen användas. Staffan Widlert svarade att de kombinerade resorna är ett angeläget område där modellen bör utvecklas. Vad gäller omsättningen är det förenat med stora svårigheter att modellmässigt utnyttja denna.

Bengt Holmberg och Nils Bruzelius betonade de problem som finns i modellens konstantkoefficienter och variablers inbördes korrelation. Konstantkoefficienterna har visat sig variera kraftigt från sample till sample. Ett syfte med disaggregerade modeller är att de skall vara så generella att parameterestimaten enbart behöver bestämmas en gång, men att modellerna samtidigt skall kunna användas för att beskriva flera populationer. Om konstanttermerna varierar kraftigt blir detta svårt. Att enbart fastställa en konstant, som görs i Widlerts modell och applicera denna på ett visst färdmedel är inte tillräckligt även om statistisk signifikans kan påvisas. Staffan Widlert medgav att stora svårigheter föreligger härvidlag och att modellen behöver utvecklas i detta avseende.

Claes-M Cassel ställde frågan om några uppskattningar gjorts av den statistiska osäkerheten i utförda prognoser. Staffan Widlert svarade att inga sådana utförts.

## REFERENSER

- 1 Ben Akiva M, A disaggregate direct demand model for simultaneous choice of mode and destination. (International conference om Transportation Research)
- 2 Hur parkeringsanläggningars utnyttjande beror på gångavstånd, parkeringsavgift och kollektiva resmöjligheter, 1974, (Allmänna Ingenjörbyrå AB) Stockholm
- 3 Berglund C-O, Tegner G och Widlert S, 1977. Val av resmål och färd sätt vid inköpsresor - en beteendestudie (Statens råd för byggnadsforskning) Rapport R8:1977, Stockholm
- 4 Halloff U, 1976, Inköpsresor, resor i ett rumsligt system. /Rapport till Transportforskningsdelegationen/
- 5 Domencich A, McFadden D. 1975, Urban Travel Demand (North-Holland publishing Company) New York

## LOGITMODELLEN

I denna bilaga skall relativt kortfattat beskrivas den ekonomiska teori som leder fram till logitmodellen (och vissa andra modeller). En utförlig behandling av denna teori finns i t ex "Urban Travel Demand" av D McFadden och T Domencich (5). Avsnittet bygger huvudsakligen på denna referens.

Modeller som beskriver konsumenters beteende bygger på att individen handlar rationellt, att han kan rangordna tänkbara alternativ i angelägenhetsordning och att han alltid väljer det alternativ som han finner mest önskvärt med hänsyn till sina individuella preferenser. Valet sker inom de ramar som ges av individens tillgängliga tid och inkomst. Konsumenten försöker således maximera sin nytta inom de tillgängliga resursramarna.

I vanlig ekonomisk teori tänks konsumenten efterfråga en viss mängd av en viss vara eller nytthet. Individens efterfrågefunktion är kontinuerlig, exempelvis leder en marginell prisförändring till en marginell efterfrågeförändring. Mot varje pris svarar således en viss bestämd efterfrågan. Denna teori kan inte direkt tillämpas för att studera efterfrågan inom trafikområdet. Individens efterfrågan inom detta område kännetecknas nämligen i allmänhet av att den är diskret till sin natur, inte kontinuerlig. Om vi exempelvis betraktar valet av färd sätt så leder en prisförändring på ett färd sätt antingen till att individen byter färd sätt eller också till att han fortsätter att använda samma färd sätt som tidigare. En marginell prisförändring för ett färd sätt leder således på individnivå inte till en marginell efterfrågeförändring. Istället för att beskriva hur en viss efterfrågan kontinuerligt förändras kommer vi därför att behandla ett val mellan ett ändligt antal ömsesidigt uteslutande handlingsalternativ.

De val som framför allt är aktuella när vi studerar trafik är valet av:

- bostad och arbetsplats
- bilnehav
- resfrekvens för olika ändamål
- destination för olika resor
- tidpunkt på dagen för olika resor
- färd sätt
- färd väg

De två första punkterna illustrerar mer långsiktiga val som individen gör, medan de övriga sker med ett kortare tidsperspektiv. Olika val kan tänkas ske samtidigt (simultant), eller i en viss ordning (sekventiellt).



De i denna bilaga härledda modellerna är helt generella och kan användas för olika valsituationer och för olika sekvensiella eller simultana beslutsstrukturer.

Antag att en viss individ har  $J$  olika alternativ att välja mellan. Alternativen betecknas  $j = 1, 2, 3, \dots, J$ . Varje alternativ kan vara t ex en resa med ett visst färd sätt, en resa till ett visst färdmål, en resa med ett visst färd sätt till ett visst färdmål osv. Olika individer kan ha olika alternativ (och olika antal alternativ) att välja mellan. Varje alternativ  $j = 1, 2, \dots, J$ , som individen kan välja emellan har en vektor av observerade egenskaper  $X^j$  (t ex restider och reskostnader för ett visst färd sätt). Individens observerade socioekonomiska egenskaper betecknas med vektorn  $s$  (t ex ålder, kön och utbildning). Antag att individen har en nyttofunktion som mäter individens nytta av varje alternativ. Nyttan för ett visst alternativ antas vara en funktion av alternativets egenskaper  $X$ , individens socioekonomiska egenskaper  $s$  och av en observerad vektor  $\epsilon$  som innehåller alla de egenskaper hos alternativet och alla de karakteristika för individen som inte kunnat observeras och mätas (t ex personlig smak och erfarenhet). Nyttofunktionen kan då skrivas:

$$u = U(X, s, \epsilon)$$

Om individerna i en trafikundersökning väljs ut slumpmässigt från en delpopulation av individer med gemensamma socioekonomiska karakteristika  $s$  och gemensamma alternativ, så blir vektorn  $\epsilon$  stokastisk och därigenom blir även värdena på nyttofunktionen stokastiska. För att förenkla beteckningarna kan då skrivas

$$u = U(X, s) \quad (1)$$

där  $u$  är en stokastisk variabel vars värde beror på exakt vilken individ som har dragits från delpopulationen med samma observerade karakteristika och alternativ.

Individen väljer ett visst alternativ  $i$  om detta är det alternativ som maximerar hans nytta, dvs individen väljer alternativ  $i$  om

$$U(X^i, s) > U(X^j, s) \text{ för } j \neq i, j = 1, \dots, J \quad (2)$$

Eftersom värdena på nyttofunktionen är stokastiska så inträffar händelsen i ovanstående ekvation med en viss sannolikhet

$$P_i = P[U(X^i, s) \geq U(X^j, s) \text{ för } j \neq i, j = 1, \dots, J] \quad (3)$$

Den stokastiska nyttofunktionen  $U(X, s)$  kan utan förlust av generalitet skrivas

$$U(X, s) = V(X, s) + \eta(X, s) \quad (4)$$

Där  $V$  inte är stokastisk utan avspeglar populationens "representativa värdering", medan  $\eta$  är stokastisk och avspeglar individuella olikheter samt skillnader i icke observerade egenskaper för alternativen. Ekvation (3) kan då skrivas

$$P_i = P[V(X^i, s) + \eta(X^i, s) > V(X^j, s) + \eta(X^j, s)] \\ \text{för } j \neq i, j = 1, \dots, J \quad (5)$$

Formen på funktionen  $V$  och variabeln  $\eta$ :s fördelningsfunktion påverkas dels av teorin för individers beteende, dels av rent beräkningstekniska synpunkter.

$V$  antas i detta sammanhang ha formen

$$V(X, s) = Z^1(X, s)\beta_1 + \dots + Z^k(X, s)\beta_k = \\ Z(X, s)^{-\beta} \quad (6)$$

där  $Z^k(X, s)$  är en empirisk funktion utan okända parametrar och  $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_k)$  är en vektor av okända parametrar. Detta gör  $V$  till en linjär funktion av parametervektorn  $\beta$  vilket avsevärt underlättar estimateringen. Variablerna  $Z^1, \dots, Z^k$  kan vara olika transformationer av rådata (t ex logaritmer, differenser, kvoter) och de kan även vara kombinationer av socioekonomiska karakteristika och egenskaper hos alternativ. Den valda formen för  $V$  är därigenom tillräckligt generell för ändamålet.

Olika fördelningar för  $\eta_1$  ger upphov till olika modeller. Om de exempelvis är simultant normalfördelade erhålles den s k probitmodellen som för  $n = 2$  får formen

$$P[V_1 + \eta_1 \geq V_2 + \eta_2] = \Phi(V(X^1, s) - V(X^2, s))$$

Den s k logitmodellen erhålles om  $\eta_i$  har en Weibullfördelning (extremvärdesfördelning, Gnedenkofördelning) dvs om

$$P[\eta_i \leq \eta] = e^{-e^{-(\eta+\alpha)}}$$

där  $\alpha$  är en parameter. Man kan visa (se referens (5)) att om  $\eta_i$ -variablerna har oberoende Weibullfördelningar med parametrar  $\alpha_i$  för  $i = 1, \dots, n$  så gäller för  $n = 2$  att

$$P [V_1 + \eta_1 \geq V_2 + \eta_2] = \frac{e^{V_1 - \alpha_1}}{e^{V_1 - \alpha_1} + e^{V_2 - \alpha_2}} \quad (7)$$

där  $V_j = V(X^j, s)$ , samt allmänt att

$$P [V_1 + \eta_1 \geq V_i + \eta_i \quad \text{för } i = 2, \dots, n] = \frac{e^{V_1 - \alpha_1}}{\sum_{i=1}^n e^{V_i - \alpha_i}} \quad (8)$$

Parametern  $\alpha_i$  kan absorberas in i definitionen av  $V(X^i, s)$  genom att låta vissa  $Z^i$  i ekvation (6) vara lika med 0 för alla alternativ utom ett. Därigenom kan samtliga  $\alpha_i$  sättas till noll utan att någon generalitet förlöras. Ekvation (7) och (8) kan då skrivas

$$p_1 = \frac{e^{V(x^1, s)}}{e^{V(x^1, s)} + e^{V(x^2, s)}} \quad \text{Val mellan två al-ternativ (binärt val)}$$

respektive

$$p_i = \frac{e^{V(x^i, s)}}{\sum_{j=1}^J e^{V(x^j, s)}} \quad \text{Val mellan flera alternativ}$$



EMPIRISKA ERFARENHETER AV LOGITMODELLEN SOM FÄRD-  
MEDELSVALSMODELL - en översikt

Göran Tegnér  
Staffan Widlert

INNEHÅLL

- 1 TRAFIKANTERS VAL AV FÄRDMEDEL
    - 1.1 Inledning
    - 1.2 Färdmedelsvalet - ett centralt problem för trafikplaneringen
  - 2 LOGITMODELLEN
    - 2.1 Logitmodellen - ett bra hjälpmedel i trafikplaneringen
    - 2.2 Modellen
    - 2.3 Några konkreta resultat från modellen
    - 2.4 Modellens prediktionsförmåga
    - 2.5 Tillämpningar
    - 2.6 Övriga tillämpningar
  - 3 DISKUSSIONSREFERAT
- LITTERATURFÖRTECKNING

# 1 TRAFIKANTERS VAL AV FÄRDMEDEL

## 1.1 Inledning

Syftet med denna sammanfattning är att illustrera hur en logitmodell för val av färdmedel framgångsrikt kunnat tillämpas på en rad olika planeringsproblem i Stockholm. Vi vill också visa den mycket goda överensstämmelse mellan modell och verklighet som kunnat påvisas. Tonvikten ligger således på praktisk användning, varför modellen i sig, dess kalibrering samt dess teoretiska bakgrund endast berörs mycket kortfattat.

## 1.2 Färdmedelsvalet - ett centralt problem för trafikplaneringen

Redan vid en planering för ett expanderande bilsamhälle var det viktigt att kunna förutsäga trafikens fördelning på olika färdsätt. Olika beslutsfattare behövde planer och prognoser för att kunna dimensionera vägar, terminaler, busslinjer och parkeringsanordningar. Vid denna typ av prognosproblem brukar modeller för färdmedelsval komma till användning.

Efterhand som massbilismens negativa effekter - i form av trafiksäkerhets- och miljöproblem - har uppdagats, har den nya trafikpolitiken alltmer inriktats mot en planering av bilismen. Man strävar numera efter att tämja fordonstrafiken till en acceptabel nivå i tätorterna. I en sådan åtgärdsinriktad trafikpolitik blir det fråga om att påverka trafikens omfattning och fördelning på färdmedel i önskvärd riktning.

På kort sikt är det omöjligt att förändra olika verksamheters lokalisering och att helt bygga om trafiksystem. Man är därför hänvisad till att påverka utnyttjandet av existerande trafiknät med olika åtgärder.

En sådan mer ambitiös trafikpolitik, ställer naturligtvis krav på bättre planeringsunderlag.

I vissa kommuner, t ex Stockholm, har man en direkt målsättning om att en viss andel av resorna till innerstaden bör företas med kollektiva färdmedel. På dessa typer av planeringsproblem är färdmedelsvalsmodeller direkt tillämpbara.

## 2 LOGITMODELLEN

2.1 Logitmodellen - ett bra hjälpmedel i trafikplaneringen

Under de senaste tio åren har ett antal nya typer av planeringsinriktade trafikmodeller utvecklats i både utlandet och Sverige. Den mest använda av dessa är den sk logitmodellen (logit = logaritmen för oddsen att välja ett visst alternativ). Modellerna har visat sig besitta en rad egenskaper som gör dem lämpliga att använda i en mer aktiv och framåtsyftande trafikpolitik:

- Logitmodellen bygger på modern beteendeteori. Den har härletts såväl ur den ekonomiska tidsallokeringsteorin som ur sannolikhetsteoretisk nytto- och valhandlingsteori.
- Logitmodellens parametrar är beräknade på individdata i stället för på medelvärden för olika trafikområden. Eftersom de datamaterial som används för att bestämma parametrar i olika trafikmodeller normalt samlas in på individnivå oavsett hur parametrarna därefter beräknas, så innebär detta att tillgängliga data utnyttjas bättre än vid konventionella modeller, dvs logitmodellen är datasnål när dess parametrar skall bestämmas. Dessutom ger modellen en väsentligt bättre statistisk precision än konventionella färdmedelsvalsmodeller.
- Vidare är logitmodellen väl anpassad till trafikplaneringens problemområden. De förklaringsfaktorer som påverkar trafikanternas beteenden och som kan ingå i modellen är samtidigt de handlingsinstrument som de trafikplanerande organen förfogar över. Exempel på sådana faktorer är turtätheter, parkeringsavgifter, färdtider, antal byten, sittplatsstandard o d.
- Med logitmodellen kan man inte bara uppskatta vilka åtgärder som trafikanterna värderar som mest angelägna, utan även hur kraftig en viss åtgärd behöver vara för att en given effekt skall uppnås.
- Logitmodellen har åtskilliga tillämpningsområden. Den kan användas:
  - som en traditionell prognosmodell för att beräkna t ex färdmedelsfördelning, områdesfördelning och vägval
  - som en trafikplaneringsmodell för att analysera effekter av förändringar i trafikpolitiken

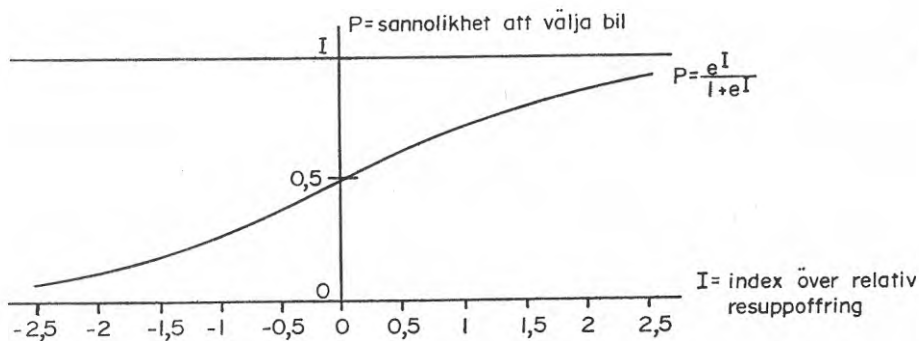
- som en standardbeskrivningsmodell för att jämföra standarden hos olika alternativa trafiknät och
- som underlag vid SKI-analyser. (Samhällsekonomiska kostnads-intäktsanalyser). Genom att modellen, som en biprodukt, ger restids- och reskomfortvärden, kan dessa användas för att bedöma lönsamheten av olika investeringsprojekt eller åtgärdsprogram. Dessa tids- och komfortvärden är - genom logitmodellen - härledda via trafikanternas verkliga observerade beteenden.

## 2.2 Modellen

Vi skall fortsättningsvis huvudsakligen beskriva resultat från - och tillämpningar av - en färdmedelsvalsmodell som tagits fram i samarbete mellan Stockholms Generalplaneberedning och landstingets kollektivtrafikutredning (LAKU). Den studerade valsituationen var valet mellan bil och kollektiva färdmedel vid arbetsresor gjorda av individer med tillgång till bil. I studien användes en logitmodell för val mellan två alternativ (en så kallad binär modell). Modellen kan skrivas på följande sätt:

$$\text{Sannolikheten att välja bil} = P = \frac{e^I}{1 + e^I}$$

där  $I$  är ett index för den relativa resuppooffringen. Modellens grafiska utseende visas i figur 1 nedan.



Figur 1. Logitmodellen

På X-axeln mäts individernas relativa resuppoiffring (kollektivt relativt bil) i form av förklaringsfaktorer. På Y-axeln mäts sannolikheten att välja färd-sättet bil. Denna sannolikhet varierar mellan 0 och 1. Kurvan anger hur sannolikheten att åka bil beror på de båda färdmedlens egenskaper och på trafikanternas socioekonomiska karaktär. Indexet I kan skrivas:

$$I = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + \dots$$

där  $a_0$  är en konstant som beror på de faktorer som inte tagits med i analysen,  $x$  är förklaringsvariabler (till exempel olika tidskomponenter, kostnader, socioekonomiska variabler som kön, inkomst etc) och parametrarna  $a$  är vikter för förklaringsvariablarna.

Parametrarna  $a$  bestäms genom att studera hur trafikanter i olika valsituationer faktiskt har valt och med hjälp av detta material bestämma parametrarna med statistiska metoder så att en bästa anpassning till observationsmaterialet erhålls. Det erforderliga datamaterialet hämtas i detta fall dels från AKU-68-undersökningen i Stockholm, dels från den tre år senare genomförda TU-71-undersökningen i samma område. De använda datamaterialen bestod av 1050 observationer från AKU-68 och 357 observationer från TU-71.

### 2.3 Några konkreta resultat från modellen

Modellens resultat kan beskrivas på följande sätt:

- parametervärden
- restids- och reskomfortvärden. Dessa uttrycker hur mycket trafikanterna är villiga att uppoffra i reskostnader för att erhålla en given tidsinbesparing eller komfortvinst.
- elasticiteter som uttrycker med hur många procent som färdmedelsfördelningen ändras om en viss faktor, t ex restiden eller reskostnaden ändras med 1 procent.
- fördelningskurvor, som anger sambandet mellan sannolikheten för valet av ett visst färdmedel och en förklaringsfaktor, vid en viss nivå på alla övriga faktorer.

Analysen av färdmedelsvalet för arbetsresor i Stor-Stockholm gav följande resultat (alla monetära mått är omräknade till 1977 års penningvärde):

- Ett renodlat restidsvärde, dvs ett restidsvärde som enbart avspeglar värderingen av tiden och inte även värderingen av den komfort som tiden tillbringas under, på ca 8:50 kr per timme erhöles. Detta motsvarar ungefär 23 % av bruttotitmlönen. Tidigare

redovisade tidsvärden på ca 40 % av bruttotimplönen (se t ex Vägplan -70) har även inkluderat värdering av reskomfort. När hänsyn ej togs till den varierande reskomforten i olika färdmedel gav vår studie ett motsvarande tidsvärde på 34 %.

- Väntetidsvärdet är drygt 3 gånger högre än färdtidsvärdet, om väntetiden definieras som halva turtätheten, dvs om trafikanterna antas komma helt slumpmässigt till hållplatsen. Detta är helt i linje med internationella erfarenheter. Om däremot hänsyn tas till trafikanternas tidtabellanpassning blir väntetidsvärdet ca 10 gånger högre än färdtidsvärdet. Liknande resultat har erhållits i en annan svensk logitanalys - utförd av AIB - med datamaterial från Uppsala och Västerås.
- Ett värde på inbesparingar i byten mellan olika kollektiva linjer har härletts och uppgår till ca 3:50 kr per byte. Vid en separat analys av bytesvärderingen för olika färd-sättskombinationer blev resultaten statistiskt sett osäkra, men analysen pekar ändå mot att värdet varierar kraftigt med typ av byte. Sålunda värderas obehaget av byten mellan busslinjer till ca 6:50 kr per byte, mellan buss och spårbundna färd-sätt till ca 3:00 kr per byte och mellan tunnelbanelinjer till enbart 50 öre per byte. Skillnaderna i värdering avspeglar således väl de faktiska standardskillnader som kan observeras vid de olika typerna av byten.
- Värdet av att ha sittplats för en genomsnittlig arbetsresa i Stor-Stockholm uppskattas till ca 9:50 kr per timme, dvs enligt modellresultatet skulle obehaget att vara tvungen att stå värderas ungefär lika negativt som själva tidsåtgången för resan.
- Elasticiteterna som beräknats från modellen visar att alla direkta priselasticiteter är låga och till beloppet mindre än 0,6. Både de direkta pris- och tidselasticiteterna är högre för buss än för de spårbundna färdmedlen tåg och tunnelbana. Ett mycket viktigt resultat är att efterfrågan visade sig vara mer känslig för tidsåtgång än för kostnader.

Av dessa resultat kan man dra slutsatsen att förbättrad turtäthet, direktförbindelser utan byten och en hög sittplatskomfort är de tre angelägnaste åtgärderna för att åstadkomma ett ökat kollektivresande.

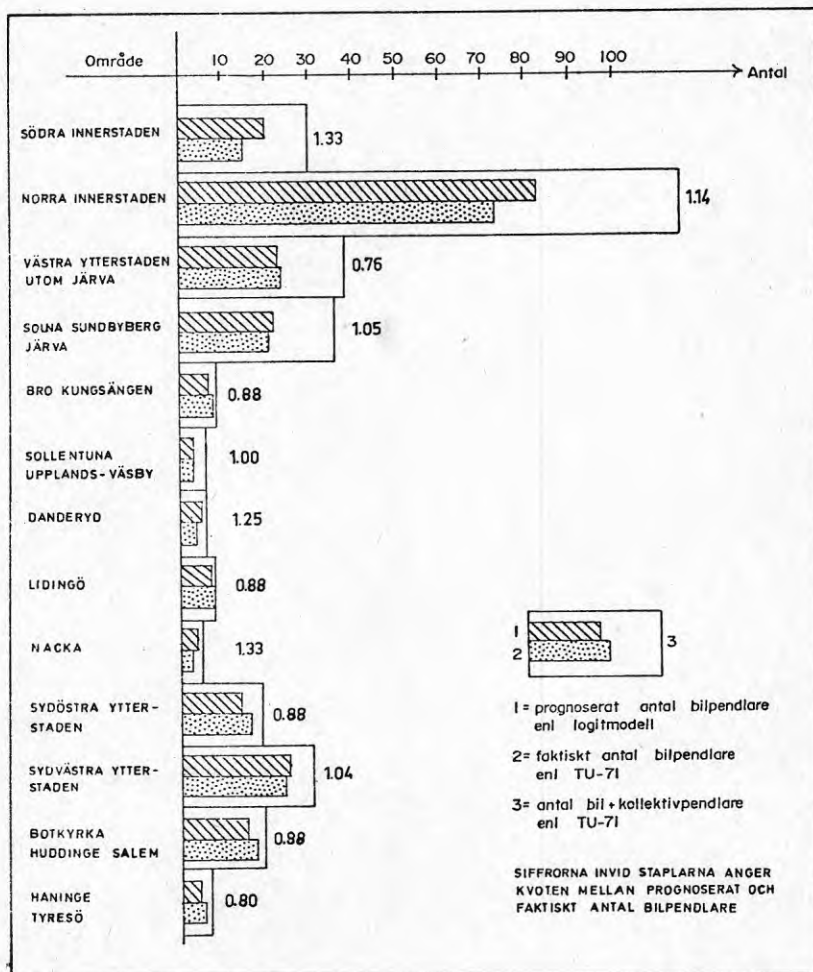
#### 2.4 Modellens prediktionsförmåga

Den logitmodell vars parametrar beräknades på data från AKU-68-undersökningen i Stockholm, testades med hjälp av individdata från den tre år senare genomförda TU-71-undersökningen. Vi testade logitmodellens prediktionsförmåga, dvs dess förmåga att korrekt



förutsätta färdmedelsvalet på ett helt annat data-material. I nedanstående figur jämförs sålunda antalet bilpendlare för 13 områden i Stor-Stockholm år 1971, dels enligt TU-71-urvalet, dels med hjälp av logitmodellen.

En statistisk analys gav till resultat att de två resultaten ej skiljer sig signifikant åt; detta gäller oavsett vilken testnivå som används.



Figur 2. Logitmodellens prediktionsförmåga

## 2.5 Tillämpningar

I det följande ges två exempel på logitmodellens tillämpningsmöjligheter.

Inpendlingen till Stockholms innerstad:

Färdmedelsvalsmodellen kan tillämpas för att prognosera färdmedelsfördelningen till innerstaden varvid modellresultaten jämförs med de årliga trafikräkningar. Problemen vid tillämpningen är av två slag: dels avser modellen pendelresor till och från arbetet medan tullsnittsräkningarna registrerar alla restyper, dels krävs prognosdata för de i modellen ingående förklaringsfaktorerna.

I denna prognos beaktas årligen förändringar i reskostnaderna för såväl bil- som kollektivresor. (Övriga prognosdata, t ex medelrestider är svåra att erhålla årsvis). Dessa är av tre typer: kollektivtaxa, parkeringskostnad och avståndsberoende bilkostnader. Det sistnämnda påverkas bl a av bensinprishöjningar.

Tillförlitliga kostnadsdata före 1971 föreligger ej varför 1971 väljs som utgångspunkt.

Eftersom modellen mäter pendelresor över dygnet och tullsnittsräkningarna avser även andra restyper har modellen "kalibrerats" för år 1971. Med rusningstid avser vi här perioden kl 06.00-09.00.

Följande resultat erhålls:

År	Kollektivandel till innerstaden			
	enligt modell	enligt SL	årlig förändring	
			enl modell	enl SL
1971	60,9 %	60,9 %	+1,4 %-enh	+1,7 %-enh
1972	62,3 %	62,6 %	+0,2 "	±0 "
1973	62,5 %	62,6 %	+0,7 "	+0,8
1974	63,2 %	63,4 %		

Mellan åren 1971-72 infördes 50-kortet och höjdes parkeringsavgiften i innerstaden kraftigt. Kollektivandelen ökade enligt SL med 1,7 procentenheter och enligt färdmedelsvalsmodellen med 1,4 procentenheter. Av denna förändring kan ca 0,2 - 0,3 procentenheter tillskrivas 50-kortet och 1,1 - 1,2 procentenheter

höjning av parkeringsavgiften, varför 50-kortets effekter på färdmedelsvalet är helt negligerbara. Den obetydliga effekten förklaras av att reskostnaden för pendlare till innerstaden i genomsnitt endast sjönk med 8-10 %. Den reella höjningen av parkeringsavgiften blev knappt 50 % sedan hänsyn tagits till andelen gratisparkerare.

Mellan åren 1972-73 höjdes SL:s kontanttaxa och dessutom ökade bensinpriset med 8 procent. Effekten på den genomsnittliga kollektivtaxan har beräknats till en höjning med 3 procent. Enligt modellen skulle dessa två effekter sammantagna leda till en ökad kollektivandel med 0,2 procentenheter. Enligt SL förändrades ej kollektivandelen mellan dessa år.

Mellan åren 1973-74 höjdes bensinpriset med ca 22 procent vilket med logitmodellen har beräknats leda till en ökad kollektivandel med 0,7 procentenheter, Enligt SL har denna ökat med 0,8 procentenheter.

Huvudresultatet av den ovan genomförda jämförelsen är således en synnerligen god överensstämmelse mellan modell och verklighet.

#### Järvabanan:

Hösten 1975 öppnades tunnelbana 3, dvs Järvabanan mot Hjulsta. Den ersatte ett antal busslinjer och innebar en hel del förändringar i resbetingelserna för de boende i Stockholms nordvästra förorter. Hur påverkade öppnandet av denna tunnelbanegren färdmedelsvalet till Stockholms innerstad?

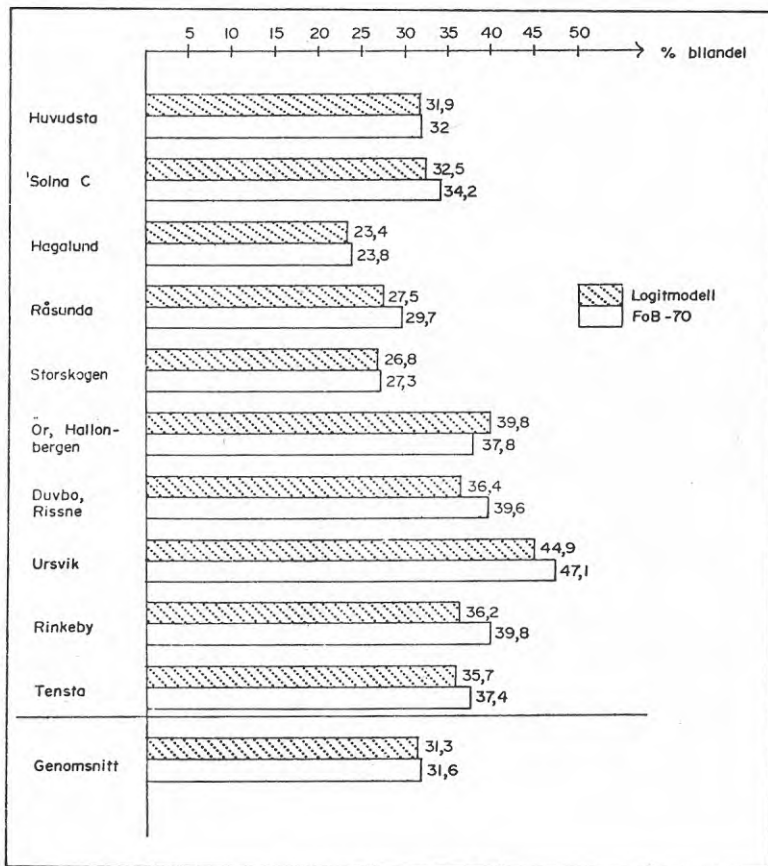
Vi har beräknat följande förändringar i förklaringsfaktorerna (genomsnitt för 10 områden):

Förklaringsfaktor	Före Järvabanan	Efter Järvabanan	Skillnad
Kollektiv väntetid	6,2 min/dag	5,7 min/dag	-0,5 min/dag
färtidsskillnad (koll-bil)	18,6 "	6,3 "	-12,3 "
Kostnadsskillnad			
koll-bil	-3,50 kr/dag	-3,50 kr/dag	0 kr/dag
antal byten	1,7 per dag	1,1 per dag	-0,6 per dag

Logitmodellen ger då till resultat att andelen pendlare med kollektiva färdmedel beräknas öka från 68,4 procent till 71,1 procent eller med 2,7 procentenheter till innerstaden från de av Järvabanan berörda områdena. Detta motsvarar en ökning på 0,6 procenten-

heter för hela nordvästsektorn eller på 0,2 procentenheter för hela inpendlingen till innerstaden. I absoluta tal rör det sig om ca 360 personer.

För att kontrollera modellens prognosförmåga gjordes en testprognos av situationen före tunnelbanans öppnande. I figuren nedan visas andelen bilpendlare enligt modellen från de 10 områdena till innerstaden år 1970. Dessa beräknade andelar jämförs med de verkliga andelarna enligt FoB-70. Som framgår av figuren är överensstämmelsen synnerligen god.



Figur 3. Andel bilpendlare till innerstaden 1970

Anm. Sundbyberg C ingår ej då trafikanten från detta område har antagits välja pendeltåg i stället. Hjulsta hade för liten folkmängd år 1970 för att kunna ingå i analysen.

## 2.6 Övriga tillämpningar

De ovan relaterade tillämpningarna har utförts av Stockholms kommun. Vi skall nedan nämna ytterligare ett par tillämpningar av de beskrivna modellerna.

Logitmodellen har utnyttjats inom landstingets kollektivtrafikutredning i Stockholms län (LAKU), dels för standardjämförelser mellan olika trafikeringssalternativ, dels som ett led i trafikmängdprognoser för olika kollektiva nätalternativ och dels för samhällsekonomiska kostnads-intäktsanalyser av dessa.

Vidare har logitmodellen använts i ett examensarbete från KTH, "Att påverka valet av färdmedel" (författare: Marika Eriksson, Jan Rusk). Det kan vara värt att beskriva resultaten av denna studie närmare eftersom de illustrerar hur modellen kan användas för att i förväg analysera effekten av tänkbara åtgärdskombinationer, dvs hur relativt komplexa åtgärder kan analyseras kvantitativt.

Med hjälp av färdmedelsvalsmodellen beräknades vad som krävs av några olika styrmedel, för att 75 procent av alla resor under rusningstid ska ske med kollektiva färdmedel. Modellen baserar sig på arbetsresor och därför räknades målsättningen 75/25 om till att gälla enbart arbetsresor. Eftersom kollektivandelen bland arbetsresor är högre än bland övriga resor beräknades att den bör ligga omkring 80 procent för att målsättningen ska vara uppnådd.

I studien konstaterades att den målsatta färdmedelsfördelningen inte kan uppnås genom att enbart förbättra en enda av kollektivtrafikens standardkomponenter. Vare sig genom att enbart eliminera all väntetid eller alla byten, eller genom att kollektivtrafiken fick samma restider som biltrafiken skulle den målsatta färdmedelsfördelningen kunna nås. Om åtgärdena kombineras skulle 77 % av samtliga som pendlar behöva ha tillgång till en sådan extremt (orealistiskt) högklassig kollektivtrafik för att målsättningen skulle uppfyllas.

Enbart 0-taxa för kollektivtrafiken ger kollektivandelen 77 %, dvs lägre än de 80 % som krävs. För att uppnå målsättningen genom att enbart öka kostnaderna för att åka bil skulle bilkostnaden nära nog behöva fördubblas, t ex genom ökade körkostnader eller ökade parkeringskostnader.

Om olika standard- och kostnadsfaktorer kombineras kan följande tre realistiska åtgärdspaket skisseras:

### A. Licenssystem för innerstaden

En licens krävs för att få köra bil i innerstaden mellan kl 06 och 18 under vardagar. Avgiftens

storlek skall vara 4:50 kr/dag.

B. Höjda parkeringsavgifter

Parkeringsavgiften på gatumark höjs med 22 procent och all parkering på gatumark i innerstaden avgiftbeläggs. Licenser krävs för att upplåta tomtmark för parkering. Genom licenserna kan avgifterna för parkeringen regleras och skall sättas lika som avgifterna för gatumarksplanering.

- C. Direktgående bussar mellan bostad och arbete i kombination med avgiftsbeläggning av all gratis-parkering. Direktgående busslinjer sätts in mellan större bostads- och arbetsplatsområden med låg kollektiv standard. Bussförbindelserna skall kunna användas av 17 procent av dem som pendlar till arbetsplatser i innerstaden mellan 06 och 09. För att upplåta tomtmark för parkering krävs licenser där man kan reglera avgifternas storlek. Avgiftsnivån skall vara densamma som den nuvarande på den avgiftsbelagda gatuparkeringen. Samtidigt skall all gratisparkering på gatumark avgiftbeläggas.

Slutsatsen från modellanalysen av vad som krävs för att uppnå den målsatta färdmedelsfördelningen blir:

- En oerhört kraftig standardförbättring vad gäller de kollektiva färdmedlen krävs för att någon effekt skall uppnås. Sådana åtgärder torde - inom överskådlig tid - ligga helt utanför de finansiella möjligheternas ram.
- Relativt kraftiga förändringar i reskostnaden med bil krävs för att uppnå det eftersträlvade målet. En radikalt annorlunda parkeringspolitik eller ännu hellre någon form av road-pricing t ex i form av ett licenssystem för innerstaden i storleksordning 5 kr/dag synes nödvändigt.



Nils Bruzelius framhöll att den av Tegnér redovisade studien endast omfattade sådana hushåll som har bil, medan den av SL utförda studien som använts som jämförelsematerial omfattade samtliga resande. Tegnér svarade att vissa undersökningar gjorts på hela Stockholms bilpopulation.

Ulf Halloff ställde frågan om hur årstid resp väderlek beaktas i studien. Tegnér svarade att studien utförts perioden augusti - oktober, vilket enligt Tegnér var tillräckligt för att beakta nämnda variabler.

P.H. Bendtsen frågade om någon utvärdering skett av modellresultaten av t ex effekter vid förändringar i kollektivtrafiktaxan. Tegnér svarade att vissa uppföljningar gjorts, men att det var stora problem med att isolera enskilda variabler.

Bo Björkman frågade hur trögheter i anpassning till olika typer av förändringar behandlas i modellen, har någon form av time-lag kunnat konstateras. Björkman hävdade med stöd av en engelsk undersökning att de som använder viss typ av färdmedel ofta övervärderar detta färdmedel. Tegnér svarade att inga belägg hade funnits för att det fanns några tröghetseffekter. En uppföljning sex månader efter oljekrisen gav inga indikationer på förändringar. Några belägg för en eventuell övervärdering av det egna färdmedlet har inte framkommit.

Claes Dolk frågade hur stabila parameterskattningarna är om datamaterialet disaggregeras. Tegnér framhöll att de t-värdestest som utförts visat på en hög stabilitet. I Västeråsstudien delades t ex slumpmässigt datapopulationen i två hälfter, varefter parametrar estimerades på den ena halvan av materialet och sedan testades mot den andra halvan ur samma totalpopulation. Parameterestimeringen gav likvärdigt resultat med de konstaterade verkliga värdena, vilket enligt Tegnér ger belägg för att modellen är stabil.

## LITTERATURFÖRTECKNING

- 1 "Val av färdmedel vid resor till arbete".  
S. Algers. LAKU-information nr 5, Stockholms läns  
landsting, Kollektivtrafikutredningen, 1974
- 2 "On the Evaluation of Comfort and Convenience in  
Urban Transportation - A Choice Analytic Approach",  
S. Algers, S. Hansen, G. Tegnér, Proceedings -  
15th Annual Meeting, VOL. XV, No 1, Transportation  
Research Forum, Oxford, Ind., USA, 1974.
- 3 "On the role of waiting time, comfort and con-  
venience in modal choice for work trips",  
S. Algers, S. Hansen, G. Tegnér, in Travel Beha-  
viour and Values, Transportation Research Record,  
nr 534, 1975.

## LOGITMODELLENS ANVÄNDNING I ÖRESUNDSUTREDNINGEN

Staffan Algers

## INNEHÅLL

- 1 BAKGRUND
- 2 LOGITMODELLENS FORMULERING I ÖRESUNDSUT-  
REDNINGEN
- 3 ÖRESUNDSUNDERSÖKNINGEN
- 4 RESULTAT
- 5 DISKUSSIONSREFERAT

## 1 BAKGRUND

I syfte att aktualisera det beräkningsmaterial som utgjorde underlag för förslaget till avtal mellan Sverige och Danmark avseende en fast förbindelse över Öresund tillsattes 1975 års Svenska Öresundsdelegation samt en dansk motsvarighet till denna. Öresundsdelegationen uppdrog åt en arbetsgrupp, den s k persontrafikgruppen, att genomföra nya beräkningar för persontrafiken under olika förutsättningar rörande utformningen av en fast förbindelse. I syfte att skapa underlag för dessa beräkningar beviljades också medel för genomförande av en trafikundersökning i Öresundsområdet.

Inledande diskussioner inom de svenska och danska persontrafikgrupperna ledde så småningom fram till att man inom den danska persontrafikgruppen skulle utföra prognosberäkningar för den sammanlagda trafiken över Öresund med hjälp av modeller av gravitations- och tillväxtfaktortyp och att man inom den svenska persontrafikgruppen skulle ta fram prognoser för fördelningen av en given trafikmängd på överfartsställe och färdmedel med hjälp av logitmodellen.

## 2 LOGITMODELLENS FORMULERING I ÖRESUNDSUTREDNINGEN

Prognosproblemet utgjordes således av att förutsäga konsekvenserna för persontrafiken av ett införande av en eller flera fasta förbindelser över Öresund. En fast förbindelse påverkar trafiksituationen främst genom förändrade restider, men också genom den taxepolitik som förs. Persontrafikgruppernas uppgift innefattar även studier av effekten av taxeåtgärder på en fast förbindelse.

Öresundsresandet kännetecknas bl a av att resorna ofta företas av flera personer tillsammans - sällskap - samt av att dessa ofta har flera olika möjligheter att ta sig över Öresund, innebärande olika konsekvenser för sällskapet i form av tidsåtgång och monetära utlägg. Eftersom en fast förbindelse kan beskrivas som en ytterligare kombination av restid och penningutlägg antogs det möjligt att med ledning av de avvägningar mellan restid och penningutlägg som öresundsresenärerna i dag gör skatta de trafikmässiga konsekvenserna av en fast förbindelse. För denna skattning krävs emellertid ett kvantitativt samband som beskriver trafikanternas beteende som funktion av restider och penningutlägg. Logitmodellen utgör ett sådant kvantitativt samband.

Logitmodellen är en matematisk funktion som beskriver sambandet mellan kriteriet för någons val av ett visst alternativ och sannolikheten för att det väljs. En tillämpning av logitmodellen kräver bl a att man definerar såväl beslutsenhet, beslutskriterier som alternativmängd.

Som nämnts ovan sker öresundsresorna ofta sällskapsvis. Det innebär, att valet av överfartsställen och färd sätt torde ske utifrån sällskapets reseuppoftningar snarare än utifrån någon viss sällskapsmedlems uppoftning. Sällskapet valdes därför som beslutsenhet.

Sällskapen antas vara nyttomaximerande, d v s antas välja den kombination av restid och penningutlägg som innebär den i sällskapets tycke minsta resursuppoftningen. Beslutskriteriet antas därför utgöras av en s k generaliserad reskostnad, d v s en kostnad bestående av en summa av vägda restider och reskostnader.

Alternativen utgörs av de möjliga tids- och penningutläggs kombinationerna vid öresundsresorna. Ett nytt alternativ uppstår i princip om man skulle välja ett annat överfartsställe eller bil i stället för kollektivt färdmedel för någon av etapperna till och från båten.

Matematiskt kan logitfunktionen formuleras på följande sätt:

$$P_i = \frac{e^{GK_i}}{\sum_{j=1}^n e^{GK_j}}$$

där  $P_i$  är sannolikheten för ett sällskap att välja alternativ  $i$  bland de  $n$  alternativ som står sällskapet till buds och där  $GK_i$  är den sammanvägda uppoffringen - Generaliserade Kostnaden - för sällskapet att resa med alternativ  $i$ .

$GK_i$  kan också skrivas  $\sum_k a_k X_{ki}$

där  $a_k$  är en koefficient (vikt) för variabeln  $X_{ki}$  ( $X_{ki}$  kan vara en konstant, en restidsvariabel eller en kostnadsvariabel för alternativ  $i$ ).

Genom att beräkna  $P_i$  erhålles sannolikheten för ett visst sällskap att använda alternativ  $i$ . Genom att företa denna beräkning för alla sällskap i undersökningen erhålls en sannolikhetsfördelning som motsvarar andelarna av totaltrafiken. Genom uppräknings erhålls sedan de totala trafikflödena. Andelen sällskap över en fast förbindelse beräknas genom att sällskapet tillföres ett ytterligare alternativ med de restider och reskostnader som är aktuella för detta sällskap vid en resa på denna förbindelse. Sällskap som har tillgång till bil tillföres dels ett bilalternativ, dels ett kollektivalternativ avseende den fasta förbindelsen, medan sällskap som inte har tillgång till bil endast tillföres kollektivalternativ.

Formellt kan det med logitmodellen prognostiserade antalet sällskap via en fast förbindelse skrivas:

$$R_{ff}^s = \sum_{s=1}^S p_{ff}^s w_s, \text{ där}$$

$$p_{ff}^s = \frac{e^{GK_{ff}^s}}{\sum_{i=1}^n e^{GK_i^s}}, \text{ där}$$

$$GK_{ff}^s = \sum_{k=1}^K a_k X_{kff}^s$$

där  $X_{kff}^s$  är sällskapets restider och reskostnader vid en fast förbindelse och  $K$  är antalet tids- och kostnadskomponenter,  $S$  = antal sällskap i urvalet,  $W_s$  = uppräkningsfaktor för sällskap.



Avgörande för storleken av andelen för ett visst alternativ är uppenbarligen koefficienterna  $a_k$  och variabelvärdena  $X_k$ . Värdena på  $X_k$  erhålls för de existerande alternativen ur undersökningen och för den fasta förbindelsen ur framräknade trafikdatamatri-ser. Värdena på  $a_k$  bestäms vid den sk estimeringen.

Det danska modellarbetet resulterar i siffror för den totala trafiken för varje områdeskombination. Denna totaltrafiksiffra, som mäts i personer per dygn, fördelas sedan med hjälp av logitmodellen på överfartsställe och färdmedel. Detta sker på följande sätt:

För ett givet alternativ föreligger beräkningsresultat som innefattar nyskapad trafik. Det föreligger också beräkningsresultat för alternativet fortsatt färjefart. Skillnaden mellan den förra och den senare utgör den av den fasta förbindelsen nygenererade trafiken.

För en given områdeskombination beräknas med logitmodellen fördelningen av personer på färd sätt och överfartsställe med hjälp av de hemintervjuer som hör till områdeskombinationen.

Denna fördelning tillämpas fullt ut för den mängd som motsvaras av alternativet fortsatt färjefart och som alltså utgörs av trafik som kan omfördelas till en fast förbindelse. Den nygenererade trafiken är betingad av den fasta förbindelsen (erna) och är därför låst till denna. Fördelningen på färdmedel sker utifrån den med logitmodellen erhållna fördelningen på färd sätt för den fasta förbindelsen (erna) för områdeskombinationen i fråga.

Formellt kan metoden beskrivas enligt följande:

$$R^{kl} = p_1^{kl} \cdot R_{omf} + p_2^{kl} \cdot R_{ny}$$

där  $R^{kl}$  = antal personer i områdeskombinationen i j som åker via överfartsstället k med färd sätt l

$p_1^{kl}$  = andel personer via överfartsställe k med färd sätt l av antalet personer via alla till buds stående överfartsställena och färd sätt (beräknas med logitmodellen)

$p_2^{kl}$  = andel personer via överfartsställe k med färd sätt l av antalet personer via fasta förbindelser (beräknas med logitmodellen)

$R_{omf}$  = antal personer utan fast förbindelse (ges av såväl det danska modellarbetet som det svenska)

$R_{ny}$  = antal personer som nyskapas av en fast förbindelse (ges av det danska modellarbetet)

## 3 ÖRESUNDSUNDERSÖKNINGEN

Logitmodellen ställer vissa krav avseende datamaterialet. För att kunna bestämma vikterna i den generaliserade kostnaden måste följande data insamlas för ett antal sällskap.

- De (realistiska) alternativ som stod till buds. Hur alternativavgränsningen utformades framgår av nedanstående figur.

TABLA

Ett alternativ utgörs av en sifferkombination	HUVUDSAKLIGT FÄRDSÄTT FRÅN RESANS STARTPUNKT TILL HAMNEN			FÄRDMÖJLIGHETER ÖVER SUNDET	HUVUDSAKLIGT FÄRDSÄTT FRÅN HAMNEN TILL RESMÅL		
	10-16	0			1. LIMHAMN-DRAGÖR (BIL/MC EJ MED PÅ BÅTEN)		
17-23	1			2. LIMHAMN-DRAGÖR (BIL/MC MED PÅ BÅTEN)			
24-30	2			3. MALMÖ-KÖPENHAMN STOR BÅT (BIL/MC EJ MED PÅ BÅTEN)			
31-37	3			4. MALMÖ-KÖPENHAMN STOR BÅT (BIL/MC MED PÅ BÅTEN)	1. PERSONBIL/MOTORC. (EJ TAXI)		
38-44	4			5. MALMÖ-KÖPANHAMN FLYGBÅT	2. ANNAT SÄTT		
45-51	5			6. LANDSKRONA-TUBORG (BIL/MC EJ MED PÅ BÅTEN)			
52-58	6			7. LANDSKRONA-TUBORG (BIL/MC MED PÅ BÅTEN)			
59-65	7			8. HELSINGBORG-HELSINGÖR (BIL/MC EJ MED PÅ BÅTEN)			
				9. HELSINGBORG-HELSINGÖR (BIL/MC MED PÅ BÅTEN)			
					HUVUDSAKLIGT FÄRDSÄTT FRÅN RESANS TILL RESANS SLUTMÅL		HUVUDSAKLIGT FÄRDSÄTT FRÅN RESANS M L TILL HAMNEN

2 Alla penningutgifter; gång-, vänte- och färdtider samt valt färd sätt

3 Uppgift om biltillgång

4 Sällskapsstorlek

5 Syfte med resan

Datainsamlingen komplicerades av bl a följande faktorer:

- Urvalssituationen innebar att man inte direkt kunde välja sällskap, utan urvalsenhet måste vara personer och bilar. Detta innebär att stora sällskap får större urvalssannolikhet, vilket kan innebära disproportionalitet i ärende- och alternativfördelning.
- En stor del av resandet utgörs av resor för båtrensans skull, d v s resor utan egentliga mål på andra sidan sundet. Denna restyp bedöms inte bli aktuell på en fast förbindelse.

- 3 De program som stod till förfogande innebar att proportionalitet mellan olika alternativ förutsätts. Eftersom en stor del av resorna är koncentrerade till överfartsstället Helsingborg-Helsingör skulle besparingar kunnat göras genom en stratifiering av urvalet.
- 4 Resmönstret varierar kraftigt med årstiden.
- 5 Det man skulle vilja mäta är restider och penningutlägg i valsituationen. Detta ansågs ogenomförbart och i stället mäts faktiska tider och kostnader för de alternativa sätten att genomföra denna resa.

Mot bakgrund av bl a ovanstående beslöts att genomföra en intervju i samband med själva resan. Därvid insamlades bl a uppgift om resans ändamål samt adressuppgifter. De intervjupersoner som hade egentlig målpunkt på andra sidan sundet blev därefter - så snart sig göra lät - föremål för en hemintervju (på c:a en timme) vid vilken övriga uppgifter insamlades. Urvalet gjordes så, att intervjuerna pågick under ett helt år för att fånga in säsongsvariationer.

För att få en tillräcklig säkerhet i prognosen bedömdes att antalet genomförda hemintervjuer borde uppgå till c:a 3 500 st, vilket också är resultatet av undersökningen.

## 4 RESULTAT

Resultaten avser endast skattningarna av koefficienterna i den generaliserade reskostnaden. Dessa, som ännu måste betecknas som preliminära, redovisas i form av restidsvärden.

Utan uppdelning på olika ändamål erhålls följande resultat:

Grupp	Variabler				
Alla	Gång- och väntetid	Kollektivrestid	Bilrestid	Båtrestid	Bilkonstant
Tidsvärde	19	24	18	19	12

Dessa restidsvärden är således beräknade på ett material som är sammansatt av flera olika resändamål. En uppdelning i de tre grupperna tjänste- och arbetsresor, besöks- och utflyktsresor samt övriga ändamål (inköp, semester) ger intressanta resultat:

Grupp	Gång- och väntetid	Kollektivrestid	Bilrestid	Båtrestid	Bilkonstant
Tjänste- och arbetsresor					
Tidsvärde	87	77	75	50	36

Dessa tidsvärden är höga, men motiveras av att restidsvärdet åtminstone vid tjänsteresor (som dominerar gruppen) bör motsvara värdet av tiden som produktionsresurs i storleksordning.

Grupp	Gång- och väntetid	Kollektivrestid	Bilrestid	Båtrestid
Besöks- och utflyktsresor				
Tidsvärde	18	23	16	10

Här kan det relativt låga båtrestidsvärdet noteras. Sannolikt är denna värdering beroende av att båtresan i många fall kan upplevas som en del av en utflyktsresa.

Grupp	Gång-, vänte- och kollektivrestid	Bilrestid	Båtrestid	Bilkonstant
Övrigt				
Tidsvärde	14	9	20	10

Övrigt-gruppen är en tämligen heterogen grupp, bestående av huvudsakligen inköps- och semesterresor. Det är därför svårt att intuitivt motivera de erhållna värdena i några speciella avseenden.

De redovisade resultaten uppfyller också väl de statistiska kraven - alla koefficienter i de redovisade modellerna är signifikanta på 95-procentsnivå (oftast däröver). Sammanfattningsvis kan sägas att logitmodellen i Öresundsfallet har givit resultat som motsvarar de förväntningar man à priori kan ställa och som dessutom är av hög statistisk kvalitet.

K-O Sicking ställde frågan om hur stort stickprov som låg till underlag för resundsstudien samt därmed förenade kostnader. Staffan Algers svarade att en urvalsundersökning gjorts av de båtresenärer som korsar Öresund. Järnvägspassagerare och charterbusstrafik (exkl bussar till Kastrups flygplats) omfattas inte av undersökningen. Urvalsundersökningen omfattade ca 17 000 båtresenärer av vilka 3 500 utvaldes för en ytterligare hemintervju. De totala kostnaderna för denna Öresundsundersökning uppgår till ca 3 milj kr. Undersökningen utgör underlag även för det danska arbetet med gravitationsmodeller.

Gunilla Lindfelt ansåg inte att det är möjligt att dra några långtgående slutsatser på grundval av de tester som utförts i undersökningen på en population omfattande ca 900 observationer. Vissa av de använda testerna fungerar inte alltid vid dessa samplestorlekar.

Göran Tegnér konstaterade att resfrekvensen kan komma att ändras vid eventuellt tillkommande av fasta förbindelser över Öresund och önskade veta hur den nygenererade trafiken beräknas. Algers svarade att resmängden för logitmodellen antogs var given inom området (beräknas av danska persontrafikgruppen), men att dennas storlek ändrades med de olika antagna alternativen.

Bo Björkman frågade hur en eventuell ökning av frekvensen arbetsresor behandlas vid fasta förbindelser. Staffan Algers svarade att de studier som utförts inom andra delar av Öresundsutredningen tillsammans med den antagna taxestrukturen inte föranlett antagande om att arbetsresorna ökar mer än andra vardagsresor.



TABLÅ

Ett alternativ ut-  
görs av en siffer-  
kombination

10-16	0								
17-23	1								
24-30	2								
31-37	3								
38-44	4								
45-51	5								
52-58	6								
59-65	7								

HUVUDSAKLIGT FÄRDSÄTT  
FRÅN RESANS STARTPUNKT  
TILL HAMNEN

FÄRDMÖJLIGHETER ÖVER SUNDET

1. LIMHAMN-DRAGÖR (BIL/MC  
EJ MED PÅ BÅTEN)

2. LIMHAMN-DRAGÖR (BIL/MC  
MED PÅ BÅTEN)

3. MALMÖ-KÖPENHAMN STOR BÅT  
(BIL/MC EJ MED PÅ BÅTEN)

4. MALMÖ-KÖPENHAMN STOR BÅT  
(BIL/MC MED PÅ BÅTEN)

5. MALMÖ-KÖPANHAMN FLYGBÅT

6. LANDSKRONA-TUBORG

(BIL/MC EJ MED PÅ BÅTEN)

7. LANDSKRONA-TUBORG  
(BIL/MC MED PÅ BÅTEN)

8. HELSINGBORG-HELSINGÖR  
(BIL/MC EJ MED PÅ BÅTEN)

9. HELSINGBORG-HELSINGÖR  
(BIL/MC MED PÅ BÅTEN)

HUVUDSAKLIGT FÄRDSÄTT  
FRÅN HAMNEN TILL RESANS  
SLUTMÅL

FÄRDMÖJLIGHETER ÖVER SUNDET

HUVUDSAKLIGT FÄRDSÄTT  
FRÅN HAMNEN TILL RES-  
MÅL

1. PERSONBIL/MOTORC.  
(EJ TAXI)

2. ANNAT SÄTT

HUVUDSAKLIGT FÄRDSÄTT  
FRÅN RESANS MÅL TILL  
HAMNEN



SAMMANFATTNING AV UTLÄNDSKA ERFARENHETER MED SPECIELL  
INRIKTNING PÅ SEKVENTIELLA, DISSAGGREGERADE MODELLER

Nils Bruzelius

INNEHÅLL

- 1 INLEDNING
  - 2 DEN MULTINOMIALA LOGITMODELLEN
  - 3 DEN STRUKTURERADE LOGITMODELLEN
  - 4 NÅGRA ANDRA UTVECKLINGSINRIKTNINGAR
    - 4.1 Modellstruktur
    - 4.2 Skattning
    - 4.3 Transferability och aggregering
    - 4.4 Tillämpning
  - 5 DISKUSSIONSREFERAT
- REFERENSER

## 1 INLEDNING

Det trafikmönster - t ex i ett stadsområde - som man av olika skäl önskar analysera med en prognosmodell återspeglar, vad gäller de enskilda trafikanterna, val i flera olika dimensioner. Till dessa dimensioner hör t ex val av arbetsplats och bostad, bilinnehav, resfrekvens, resmål samt färdmedel.

Pågående utvecklingsarbete med disaggregerade prognosmodeller - dvs modeller vilka skattas med data på individnivå - är i stor utsträckning inriktat på att bestämma modeller vilka kan användas för att prognostisera konsekvenserna av resenärernas val inom två eller flera av dessa dimensioner. Därvid används i allmänhet modeller med en sekventiell struktur, där de olika ingående delmodellerna ofta har ett utseende som liknar den vanliga logitmodellen. I detta underlag skall i första hand denna form för sekventiella modeller diskuteras. Anledningen till denna inriktning är bl a att

1. det länge har förelegat missförstånd om vad en sekventiell modell återspeglar vad gäller en resenärs beslutsprocess;
2. sekventiella modellstrukturer kan användas för att eliminera den egenskap hos logitmodellen som kallas för oberoende av irrelevanta alternativ;
3. pågående arbete med att tillämpa disaggregerade modeller bygger i mycket stor utsträckning på denna modelltyp.

I detta underlag skall i första hand de två första av dessa frågeställningar belysas. Därvid behandlas i avsnittet 2 den multinomiala logitmodellen och i avsnittet 3 en mer generell disaggregerad modell, den sk strukturerade logitmodellen. I det fjärde avsnittet redogörs avslutningsvis i punktform för andra områden inom vilka utvecklingsarbete pågår för närvarande. I anslutning härtill anges också relevanta referenser.

Disaggregerade prognosmodeller delas ibland in i simultana och sekventiella modeller. Till grund för denna indelning ligger då bl a den uppfattningen att en simultan modell återspeglar en simultan beslutsprocess vad gäller val i flera dimensioner medan en sekventiell modell bygger på antagandet att besluten tas i en viss ordning. Denna indelningsgrund torde emellertid bygga på en missuppfattning. I detta avsnitt skall denna frågeställning analyseras och därvid utgår vi ifrån en beslutssituation i två dimensioner där en individ har att välja målområde för en inköpsresa samt färdmedel för denna resa (olika målområden identifieras med  $c, \dots, d, e, \dots, f$  och olika färdmedel med  $1, \dots, m, n, \dots, o$ ).

En simultan modell kännetecknas av att den anger med en modell sannolikheten för en individs val av målområdet  $d$  och färdmedlet  $m$ , dvs

$$P_{dm} = f(X, a) \quad (1)$$

där  $P_{dm}$  anger sannolikheten för val av  $dm$ ,  $X$  är en uppsättning förklarande variabler och  $a$  är modellens parametrar. I en sekventiell modell används däremot två olika modeller för att analysera denna beslutssituation. Därvid kan t ex den ena ange sannolikheten för val av färdmedel  $m$ , givet att området  $d$  väljs, och den andra sannolikheten för val av området  $d$ , dvs

$$P_{m/d} = f(X_{m/d}, a_m) \quad (2)$$

$$P_d = f(X_d, a_d) \quad (3)$$

Sannolikheten för val av såväl  $m$  som  $d$  erhålls därför på följande sätt:

$$P_{md} = P_{m/d} * P_d \quad (4)$$

Det skall nu visas att under relativt allmänna villkor kan en modell med formen (1) alltid skrivas om som en sekventiell modell, dvs som (2) och (3). Som illustrationsexempel används därvid den multinomiala logitmodellen.

Utgångspunkten för härledning av disaggregerade modeller är antagandet att en resenär kan rangordna olika alternativ och att han väljer det alternativ som rangordnas högst. Detta brukar formuleras så att alternativet  $dm$  väljs om

$$U(X_{dm}) < U(X_{en}); \quad en \neq dm \quad (5)$$

där  $U$  är en nyttofunktion som anger nyttan av ett alternativ som en funktion av alternativets egenskaper, t ex restider, avgifter, målpunktens inköpsortiment.

Denna modell är deterministisk. För att kunna applicera den på den population som skall studeras antas att nyttofunktionen varierar i populationen och att dessa variationer kan sammanfattas med ett stokastiskt restled,  $\varepsilon$ . För en godtyckligt utvald individ kan då sannolikheten för val av alternativet  $d_m$  tecknas

$$P_{dm} = P(U(X_{dm}) + \varepsilon(X_{dm}) > U(X_{en}) + \varepsilon(X_{en}); en \neq dm) \quad (6)$$

Specifisering av frekvensfunktionen för de stokastiska variablerna resulterar i olika former för disaggregerade modeller för val av färdmedel och resmål. Så-lunda erhålls logitmodellen om  $\varepsilon(X_{md})$  är oberoende och extremvärdefördelade. Dvs om

$$F(\varepsilon_{dm}) = e^{-e^{-\varepsilon_{dm}}} \quad (7)$$

erhålls

$$P_{dm} = \frac{e^{U(X_{dm})}}{\sum_{md} e^{U(X_{dm})}} \quad (8)$$

Låt oss nu återgå till den deterministiska modellen (5) och ställa frågan om det är möjligt att betrakta någon av de två dimensionerna oberoende av den andra. Kan t ex färdmedelsvalet analyseras isolerat från valet av målområde? Det kan visas att detta är möjligt om nyttofunktionen kan skrivas om på följande sätt:

$$U(X_{dm}) = U(X_{m/d}) + U(X_d) \quad (9)$$

dvs som summan av två komponenter, där det förutsätts att den första komponenten enbart innehåller de egenskaper som påverkar valet av färdmedel för ett givet resmål och den andra enbart egenskaper som påverkar den nytta som målområdet erbjuder. För målområdet  $d$  innebär detta antagande att vi kan formulera valet av färdmedel för en godtycklig individ som

$$P_{m/d} = P(U(X_{m/d}) + U(X_d) + \varepsilon(X_{m/d}) + \varepsilon(X_d) > U(X_{n/d}) + U(X_d) + \varepsilon(X_{n/d}) + \varepsilon(X_d); n \neq m) \quad (10)$$



Om  $\varepsilon(X_{m/d})$  är extremvärdefördelade kan (10) skrivas om som

$$P_{m/d} = \frac{e^{U(X_{m/d})}}{\sum_m e^{U(X_{m/d})}} \quad (11)$$

dvs som en multinomial logitmodell för val av färdmedel vid givet resmål.

Innebörden av nyttofunktionen (9) är således att det är möjligt att analysera valet av färdmedel oberoende av valet av målområde. Den additiva nyttofunktionen har emellertid också till konsekvens att valet av målområde nu kan formuleras på följande sätt

$$U(X_d) + \text{Max}_m(U(X_{m/d})) > U(X_e) + \text{Max}_m(U(X_{m/e})); e \neq d \quad (12)$$

dvs målområdet  $d$  väljs under förutsättningen att den nytta som målområdet  $d$  ger plus den nytta som det bästa färdmedlet erbjuder är större än motsvarande nytta för alla andra målområden. För en slumpmässigt utvald individ kan detta tecknas

$$P_d = P( U(X_d) + \text{Max}_m\{U(X_{m/d}) + \varepsilon(X_{m/d})\} + \varepsilon(X_d) > U(X_e) + \text{Max}_m\{U(X_{m/e}) + \varepsilon(X_{m/e})\} + \varepsilon(X_e); e \neq d ) \quad (13)$$

Specifisering av fördelningsfunktionen för  $\varepsilon(X_d)$  samt härledning av fördelningsfunktionen för den stokastiska variabeln

$$\text{Max}\{U(X_{m/d}) + \varepsilon(X_{m/d})\} + \varepsilon(X_d) \quad (14)$$

fullbordar härledningen av modellen för val av resmål.

Vad gäller logitmodellen har det ovan gjorda antagandet att  $\varepsilon(X_{m/d})$  är extremvärdefördelade, till konsekvens att  $\varepsilon(X_d)$  inte ingår som ett stokastiskt restled i modellen. Det kan nu visas att detta har till följd att också (14) är extremvärdefördelad med parametern

$$-\log \sum_m \exp(U(X_{m/d})) \quad (15)$$

dvs har fördelningsfunktionen

$$F(Y_{m/d}) = e^{-e^{-Y_{m/d} - \log \sum_m \exp(U(X_{m/d}))}} \quad (16)$$

Detta innebär att (13) kan skrivas om som

$$P_d = \frac{e^{U(X_d) + \log \sum_m \exp(U(X_{d/m}))}}{\sum_d e^{U(X_d) + \log \sum_m \exp(U(X_{d/m}))}} \quad (17)$$

Härav följer att den multinomiala modellen för simultant val av resmål och färdmedel kan skrivas om som en sekventiell modell. Detta kan också verifieras genom att beräkna  $P_{dm}$  enligt (4), vilket resulterar i den multinomiala logitmodellen (8). Slutsatsen av detta är därför att

1. en sekventiell modellstruktur ej behöver åter- spegla en sekventiell beslutsprocess utan kan vara förenlig med nyttomaximering med ett simultant beaktande av alla alternativ;
2. en nödvändig och tillräcklig förutsättning för att kunna dela upp en simultan modell på en sekvens med modeller är att nyttofunktionen är additiv som i (9).

Att en nyttofunktion för val i flera dimensioner är additiv innebär stora fördelar bl a genom att färdmedelsvalet kan analyseras separat utan simultant beaktande av val av resmål och genom att en modell för val av resmål kan estimeras med hjälp av information från en redan estimerad färdmedelsvalsmodell. Denna information används då för att bilda det index i (17),  $\log \sum \exp(U(X_{m/d}))$ , (eng. inclusive price) vilket summerar färdmedlens effekt på valet av målområde. Fördelarna med detta förfarande är att det möjliggör förenklingar i skattningsproceduren och minskar behovet av data.

Den multinomiala logitmodellen kännetecknas av egenskapen oberoende av irrelevanta alternativ, dvs att den relativa sannolikheten för val av två alternativ är oberoende av förekomsten av andra alternativ. Denna egenskap kan lätt verifieras för (8) och kännetecknar även varje delmodell när logitmodellen skrivs om på sekventiell form, dvs som (11) och (17). Egenskapen hänger naturligtvis samman med de fördelningsantaganden som ligger till grund för logitmodellen.

Försök har gjorts att eliminera denna egenskap och i flera fall har dessa försök inneburit modifieringar av logitmodellens sekventiella form. Ett problem härvidlag har varit huruvida sådana modifieringar är förenliga med det grundläggande antagandet om nytto-maximering och i så fall hur dessa modifieringar bör se ut. Man har emellertid nu kunnat visa att det existerar en generell klass med modeller som givet att nyttofunktionen är additiv, gör det möjligt att representera simultana beslut i flera dimensioner enligt nytto-maximeringsprincipen med en sekvens med modeller. Modellerna i denna klass kännetecknas inte nödvändigtvis av egenskapen oberoende av irrelevanta alternativ.

Låt oss åter betrakta (6) och låt oss nu anta att fördelningsfunktionen för de stokastiska variablerna kan skrivas

$$F(\varepsilon(X_{c1}), \dots, \varepsilon(X_{fo})) = e^{-G(e^{\varepsilon_{c1}}, \dots, e^{\varepsilon_{fo}})} \quad (18)$$

där  $G(y)$  är en funktion som uppfyller de krav som gör (18) till en fördelningsfunktion. Om  $G(y)$  dessutom är homogen av första graden kan det visas att (6) kan skrivas om som

$$P_{dm} = \frac{e^{U(X_{dm})} G_i(e^{U(X_{c1})}, \dots, e^{U(X_{fo})})}{G(e^{U(X_{c1})}, \dots, e^{U(X_{fo})})} \quad (19)$$

där  $G_i$  är derivatan av  $G$  med avseende på det  $i$ :te argumentet. Denna modell kallas för den generaliserade extremvärde modellen efter den generaliserade extremvärdefördelningen (18). Av (19) framgår direkt att denna modell inte behöver kännetecknas av egenskapen oberoende av irrelevanta alternativ.

Explicita modeller bestäms genom att specificera  $G$ -funktionen, varvid de villkor dock måste beaktas som ligger till grund för (19). En sådan funktion är

$$G(y) = \sum_{dm} y_{dm} \quad (20)$$

Det kan lätt visas att denna funktion resulterar i den vanliga multinomiala logitmodellen. En annan funktion som uppfyller dessa villkor är, under förutsättningen att  $\omega \leq 1$ .

$$G(y) = \sum_d \left( \sum_m y_{dm} \frac{1}{\omega} \right) \omega \quad (21)$$

Med detta antagande kan (19) skrivas om som

$$P_{dm} = \frac{e^{\frac{1}{\omega} U(X_{dm})} (\sum_m e^{\frac{1}{\omega} U(X_{dm})})^{-\omega}}{(\sum_m e^{\frac{1}{\omega} U(X_{dm})})^{-\omega}} \quad (22)$$

Det intressanta med denna modell är att det, på samma sätt som tidigare, kan visas att (22) kan skrivas om som en sekvens med modeller med följande utseende

$$P_{m/d} = \frac{e^{U(X_{m/d})}}{\sum_m e^{U(X_{m/d})}} \quad (23)$$

$$P_d = \frac{e^{U(X_d) + \omega \log \sum_m \exp(U(X_{m/d}))}}{\sum_d e^{U(X_d) + \omega \log \sum_m \exp(U(X_{m/d}))}} \quad (24)$$

vilket lätt kan verifieras genom att multiplicera (24) med (23). En jämförelse med (11) och (17) anger att denna modellstruktur är identisk med logitmodellen i sekventiell form, med undantag för koefficienten  $\omega$  framför det index  $i$  (24) vilket representerar de olika färdmedlen. Modellen kallas därför för den strukturerade logitmodellen. I det fall då  $\omega < 1$  skiljer sig denna modell från logitmodellen genom att den inte kännetecknas av egenskapen oberoende av irrelevanta alternativ. Detta framgår direkt av (22). Samtidigt bibehåller dock denna modellstruktur alla de goda egenskaper som logitmodellen kännetecknas av från estimerings- och prognostiseringssynpunkt, vilket är ett av skälen till att den strukturerade logitmodellen numera alltmer utnyttjas i tillämpningssammanhang.

#### 4 NÅGRA ANDRA UTVECKLINGSINRIKTNINGAR

I detta avslutande avsnitt anges kortfattat vilka frågeställningar som forskningen om disaggregerade prognosmodeller för närvarande är inriktad på.

##### 4.1 Modellstruktur

Vid sidan av logitmodellen ägnas i första hand uppmärksamhet åt den multinomiala probitmodellen. Problemet med denna modell är att den är svår att estimeras när mer än två alternativ måste beaktas. Vissa framsteg har emellertid gjorts på detta område och det finns numera också tillgång till tre olika program för skattning av modeller med fler än två alternativ.

Referenser: Hausman and Wise(A)  
Albright et al (A)  
Daganzo et al (A)

##### 4.2 Skattning

Forskningen om skattningsmetoder har i första hand varit inriktad på hur loglikelihoodfunktionen skall specificeras beroende på olika urvalsförfaranden. Speciell uppmärksamhet har ägnats detta problem i samband med stratifierade urval på basis av valda alternativ, s k choice based sampling. Andra områden som studerats är under vilka betingelser en disaggregerad modells parametrar kan skattas utan att man måste beakta alla de alternativ som en individ kan välja mellan samt de statistiska egenskaperna hos estimaten på parametrarna i modeller i vilka s k inclusive prices ingår.

Referenser: Lerman et al (B)  
McFadden (B)  
Amemiya (B)

##### 4.3 Transferability och aggregering

Två områden som för närvarande ägnas stor uppmärksamhet är "transferability" och aggregering. Med "transferability" avses möjligheten att tillämpa en modell som är skattad för en population på en annan population. Forskningen inom detta område syftar till att fastställa om parameterestimaten i disaggregerade modeller är robusta med avseende på olika populationer.

Aggregeringsproblem uppkommer för disaggregerade modeller då dessa skall användas för att prognostisera på en mycket detaljerad nivå. På denna nivå är det ofta för dyrbart att använda disaggregerade data och någon form för aggregerade data måste därför utnyttjas i stället. Hur detta bäst kan lösas är den fråga som forskningen på detta området söker lösa.

Referenser: Kirshner (C)  
 Peckwold (C)  
 Ben Akiva (C)  
 Koppelman (C)  
 McFadden (C)  
 Costlell (C)

#### 4.4 Tillämpning

Vad gäller olika tillämpningsområden för disaggregerade modeller kan tre olika områden skönjas:

- a. Modeller för analys av kortsiktiga effekter av olika handlingsalternativ.
- b. I 4-stegsmodeller.
- c. I stället för 4-stegsmodeller.

Det första av dessa områden omfattar olika studier av konsekvenserna av höjda bensinpriser och/eller sänkta kollektivtaxor för val av färdmedel, bilinnehav och resfrekvens. Dessa studier kännetecknas av översiktlighet och låg detaljeringsgrad. De två andra områdena omfattar studier med syftet att delvis eller helt ersätta de modeller av 4-stegstyp som i allmänhet används för prognoser på en detaljerad nivå med disaggregerade modeller.

Referenser: Atherton et al (D)  
 Dimbard (D)  
 Dugay (D)  
 Cambridge (D)



## 5 DISKUSSIONSREFERAT

Det redovisade arbetet med vidareutveckling av de s k logitmodellerna ansågs intressant men kanske för stunden svårt att överblicka med hänsyn till konsekvenserna för olika tillämpningar.

Nils Bruzelius uppgav som mest intressanta tillämpningar f n, för de redovisade s k sekventiella modellerna, dels analys av kortsiktiga förändringar i ett trafiksystem vid oförändrad markanvändning, dels en disaggregerad kalibrering (= kalibrering på individnivå) av stegen "fördelning på färdmedel" och fördelning på färdvägar" i de s k fyrstegsmodellerna.

Som det mest intressanta med dessa sekventiella modeller, jämfört med äldre (simultana) logitmodeller, framhölls vid diskussionen att de eliminerar kravet på oberoende av "irrelevanta alternativ".

Stein Hansen konstaterade att en begränsning av modeller av typ "logit-probit" är att nyttofunktionerna förutsätts additiva. Hansen framhöll också att de parametervärden (t ex tidvärde) som erhållits vid kalibrering av olika typer av modeller (t ex sekventiella relativt simultana) som regel ej är jämförbara. Hansen undrade om det finns andra utvecklingsmöjligheter. Nils Bruzelius svarade att inga studier f n finns som har försökt att testa modellerna. Den använda nyttofunktionen är enbart betingad av resändamålet. Huruvida nyttofunktionen är riktig kan f n ej besvaras.

Otto Schiötz frågade om intervjuantalet i Öresundsutredningen skulle kunna ha nedbringats. Nils Bruzelius svarade att detta endast skulle ha varit möjligt om det redan funnits tillgängligt underlagsmaterial - i den form som erfordras för logitmodellens tillämpning - vad beträffar resestrukturen etc i Öresundsområdet.

## REFERENSER

Domencich, T and McFadden, D: Urban travel demand: A behavioral Analysis, Amsterdam 1975  
 McFadden, D: Quantitative methods for analyzing behavior of individuals; Some recent developments, Working paper 7704, Institute of Transport Studies, University of California, Berkeley, 1977.

Metoder för skattning av den multinomiala probit-modellen

Hausman, J A and Wise, D A: A conditional probit model for qualitative choice; Discrete decisions recognizing interdependencies and heterogeneous preferences, Working paper 173, Department of Economics, MIT, 1976, (program för upp till fyra alternativ; bygger på en numerisk teknik). (A)  
 Albright, R, Lerman, S and Manski, C: The multinomial probit estimation package: Features and operational tests, Cambridge Systematics, Inc., 1977, (program i vilket en simuleringsteknik utnyttjas). (A)  
 Daganzo, C, Bouthelie, F and Sheffi, Y: Multinomial probit and qualitative choice; A computationally efficient algorithm, Department of Civil Engineering, MIT, 1977, (program i vilket en reduktionsteknik används). (A)

Skattning

Lerman, S and Manski, C: Alternative sampling procedures for calibrating disaggregate choice models, Transportation Research Record, 592, 1976. (B)  
 Manski, C and Lerman, S: The estimation of choice probabilities from choice based samples, Econometrica, 1977. (B)  
 McFadden, D op. cit. (B)  
 Amemiya, T: Specification and estimation of a multinomial logit model, Technical report 211, Institute of Mathematical Studies in the Social Sciences, Stanford University, 1976. (B)

Transferability och aggregering

Kirshner, D and Talvitie, A: Specification, transferability and the effect of data outliers in modeling the choice of mode in urban travel, Working paper SL-7701, Department of Economics, University of California, Berkeley, 1977. (C)  
 Pecknold, W and Surbier, J: Tests of transferability and validation of disaggregate behavioural demand models for evaluating the energy conservation potential of alternative transportation policies in nine U.S. cities, Cambridge Systematics, Inc., 1977. (C)  
 Ben-Akiva, M and Atherton, T: Transferability and updating of disaggregate travel demand models, Transportation Research Record, 1977. (C)

- Koppelman, F: The structure of aggregated prediction models, Department of Civil Engineering, Northwestern University, 1975. ©
- McFadden, D: The mathematical theory of demand models, i Meyburg, A and Stopher, P R, (eds.): Behavioral Travel Demand, Lexington, 1976. ©
- Cosslett, S, Duguay, G E, Jung, W S and McFadden, D, Synthesis of household transportation survey data, The SYNSAM methodology, Working paper 7705, Institute of Transport Studies, University of California, Berkeley. ©

#### Tillämpning

- Atherton, T, Surbier, J and Jessiman, W: The use of disaggregate travel demand models to analyze carpool incentives, Transportation Research Record, 1976. ④
- Dimbard: Evaluation of the effectiveness of pollution control strategies on travel: An application of disaggregated behavioural demand models, Proceedings of the Transportation Research Forum, 1975. ④
- Dugay, G E, Jung, W S and McFadden, D: SYNSAM: A methodology for synthesizing household transportation survey data, Working paper 7618, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, 1976. ④
- Cambridge Systematics, Inc.: Technical report in progress for the Metropolitan Transportation Commission, San Fransisco, Cambridge, 1977. ④



DEL II

JÄMFÖRELSE MED KONVENTIONELLA  
TRAFIKBERÄKNINGSMODELLER





# JÄMFÖRELSE MELLAN "KONVENTIONELLA OCH EKONOMETRISKA" MODELLER

Eric Read

## INNEHÅLL

- 1 TRAFIKMODELLER
    - 1.1 Inledning
    - 1.2 Trafikmodeller för mängdberäkningar - en historisk återblick
  - 2 JÄMFÖRELSE MELLAN OLIKA TRAFIKBERÄKNINGSMODELLER
    - 2.1 Lills "Das Reisegesetz"
    - 2.2 Det klassiska transportproblemet
    - 2.3 "Gravitationsmodeller"
    - 2.4 Fördelningsmodellen eller den modifierade gravitationsmodellen
    - 2.5 Intervening opportunity-modellen
    - 2.6 Wilsons analyser av gravitationsmodellerna
    - 2.7 De konventionella modellernas nuvarande utvecklingsläge
    - 2.8 Ekonometriska metoder
    - 2.9 "Logit-modellen"
  - 3 DISKUSSIONSREFERAT
- LITTERATURFÖRTECKNING

## 1 TRAFIKMODELLER

1.1 Inledning

De trafikmodeller som sedan länge använts av trafikplanerare har utvecklats för att beräkna antalet resor, fordonsförflyttningar eller varutransporter inom eller mellan orter. På senare tid har det blivit alltmer angeläget att också bedöma hur individer väljer färd sätt.

I denna rapport behandlas utvecklingen hittills av trafikmodeller för att beräkna mängden resor mellan områden. Äldre och nyare modeller jämförs. Syftet är att ge en bild av hur långt utvecklingen kommit. Slutligen diskuteras dels de modeller som på senare tid utvecklats, baserade på ekonometriska metoder, dels logitmodellerna. Däremot behandlas inte problemet disaggregerade-aggregerade modeller, då detta är ett problem av annat slag och som är synnerligen omfattande.

1.2 Trafikmodeller för mängdberäkningar - en historisk återblick

Den första mer kända trafikmodellen utvecklades av Eduard Lill, Oberinspector der Österreichischen Nordwestbahn och presenterades i en bok år 1891. Efter Lill hände praktiskt taget ingenting på 70 år (1).

Fratar utvecklade i USA en metod för framskrivning av trafikmängder med hänsyn till tillväxtfaktorer. Metoden har tillämpats allmänt, men är inte av något större intresse.

Kantorović i Leningrad utvecklade under 40-talet linjärprogrammeringen och gav inom ramen för denna teori en lösning till det "klassiska transportproblemet".

Fram till slutet av 50-talet användes i princip en renodlad form av gravitationsmodell  $(r = \frac{k \cdot P_i P_j}{x^2})$

där P exempelvis kunde vara invånare, k är en "konstant" och  $x^2$  avståndet i kvadrat.

Voorhees i USA utvecklade i slutet på 50-talet och VBB i Sverige i början på 60-talet trafikmodeller för fördelning av ett givet antal resor på målområden, dvs en modifierad typ av gravitationsmodell (2).

I Chicago utvecklades på 50-talet den s k "intervening opportunity-modellen" (3).

I slutet på 60-talet utförde Wilson en mycket klarläggande analys av hur fördelningsmodellerna är uppbyggda. Han har därefter gjort ett flertal analyser av olika typer av trafikmodeller (4), (5).

2 JÄMFÖRELSE MELLAN OLIKA TRAFIKBERÄKNINGSMODELLER

2.1 Lills "Das Reisegesetz"

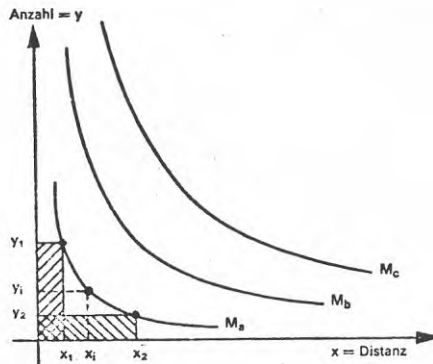
Eduard Lill härleder sin reslag ur följande hypotes: "Om nämligen endast tids- och kostnadsuppoffring kommer ifråga är det för den reslystne likgiltigt om han reser  $n$  gånger till en  $k$  kilometer avlägsen punkt eller om han endast företar en resa som är  $nk$  kilometer lång då i båda fallen reslusten  $m$  tillgodosätts med värdet  $nk$ ".

Denna hypotes skiljer sig inte i princip från det idag uttalade påståendet "att den tid som läggs ned på resor är konstant, oberoende av färd sätt".

Lill säger vidare: "Om befolkningen i ett helt område på samma villkor förfogar över värdet av tid och pengar och därför kan betraktas som ett "enhetsväsen" med resvärdet  $M$ , så kommer, eftersom  $M=nrk$ , med samma sannolikhet

$r$ invånare	att resa $nk$ km som
$2r$ invånare	$1/2 k$ km
$nr$ invånare	$k$ km och allmänt
$y$ invånare	$x$ km

Härav följer att  $xy=M$ . Detta samband är Lills reslag (figur 1).



$M_a, M_b$  und  $M_c$  sind die Reisewerte der Bezirke a, b und c  
 $y_1 x_1 = y_i x_i = y_2 x_2 = M_a = \text{konstant}$

Figur 1. Lills reslag

Värdet  $y$  uttrycker således det totala antalet resande fram till exempelvis en station på avståndet  $x$  från utgångspunkten. Minskningen i resande på ett intervall, exempelvis intervallet  $L$  mellan två stationer, kan direkt härledas ur sambandet  $y = \frac{M}{x}$ .

Teoretiskt är minskningen av antalet resande ( $r$ ) under intervallet  $L$  följande:

$$r = \frac{ML}{x - \frac{L}{2}} - \frac{M}{x + \frac{L}{2}} = \frac{M \cdot L}{(x - \frac{L}{2})(x + \frac{L}{2})} \approx \frac{M \cdot L}{x^2}$$

$r = \frac{ML}{x^2}$  är det samband Lill använder för att beskriva

antalet resor till en station på avståndet  $x$  från utgångsstationen.

$M$  är beroende av det totala trafikarbetet som uträttas inom det område som betraktas, men  $M$  är inte lika med trafikarbetet. Jämför Wilsons villkor  $\sum T_{ij} c_{ij} = C$ .

Wilson får för avståndsberoendet fram uttrycket  $e^{-\beta x}$ , där Lill får  $x^{-2}$ .

## 2.2 Det klassiska transportproblemet

I början på 1940-talet behandlade Kantorovič det s k klassiska transportproblemet, dvs att finna minimum för  $K$  när

$$K = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \dots \dots \dots (1)$$

där  $c_{ij}$  är kostnaden att transportera en enhet av en vara från producenten  $i$  till konsumenten  $j$

$x_{ij}$  är antalet enheter som transporteras från  $i$  till  $j$

Följande villkor gäller:

$$x_{ij} \geq 0$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = f_i, \text{ dvs hela produktionen i punkten } i$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = r_j, \text{ dvs hela konsumtionen i punkten } j$$

$$\sum_{i=1}^m f_i = \sum_{j=1}^n r_j$$

Problemet är att finna en metod för att beräkna hur varje producents produkter skall fördelas på konsumenterna så att den totala transportkostnaden (K) blir så liten som möjligt (6).

Kantorovič utvecklade 1942 en metod att beräkna denna fördelning. Metoden är synnerligen komplicerad. Problemet har en eller några få lösningar som ger det minsta möjliga K-värdet. Accepteras värden på K som är större än minimum finns givetvis många flera olika lösningar.

Om allt resande kunde regleras så att minimum av transportarbete utfördes skulle den klassiska transportmodellen kunna beskriva resmönstret i ett samhälle. Eftersom en sådan reglering av resandet är otänkbar, blir transportarbetet alltid större än Ks minimivärde.

I Wilsons studie av fördelningsmodellerna eller "gravitationsmodellerna" antar han att villkoret

$$\sum_{ij} T_{ij} c_{ij} = C$$

skall vara uppfyllt, dvs samma uttryck som Kantorovič ställer upp.

Wilson minimerar inte C utan söker i stället den mest "sannolika" fördelningen av resorna  $T_{ij}$  för ett givet C-värde. Det uttryck han slutligen får fram överensstämmer i princip med de fördelningsmodeller som i stor utsträckning används för beräkning av trafik mellan områden.

Man kan konstatera att ju mindre C är i Wilsons villkor ju kortare blir medelreslängden, dvs resorna blir mer beroende av avstånd eller reskostnad. Avståndsberoendet i fördelningsmodellerna kan därför sägas återspegla en strävan att minimera resandet. Men fördelningsmodellerna kan inte ge den optimala lösningen där C överensstämmer med det verkliga minimum. Detta är inte heller något krav som behöver ställas på modellen, eftersom resandet inte kan bli helt "rationellt" ur hela samhällets synpunkt, vilket skulle erfordras för att nå minimivärdet.

Den koppling som Wilsons studier härigenom påvisat mellan det klassiska transportproblemet och avståndsberoendet i fördelningsmodellerna måste sägas stärka fördelningsmodellernas giltighet. Härigenom klarläggs också att avståndsberoendet inte bara är en fråga om hur stor uppföring resenären är villig att göra för en resa utan också att det är fråga om vilken information resenären har om vad som kan uträttas i målet och var alternativa mål är belägna.



### 2.3 "Gravitationsmodeller"

I vilken utsträckning den "rena" gravitationsmodellen baseras på en katastrofal missuppfattning av Lills reslag eller om den utvecklats fristående är oklart. Hur någon har kunnat komma på idén att utveckla en metod för trafikmängdsberäkning genom analogi med Newtons lag är också svårt att förstå.

Den "rena" gravitationsmodellen har formen:

$$T_{ij} = k \frac{O_i D_j}{x_{ij}^2}$$

där  $O_i$  kan vara totala antalet resor från område  $i$  och  $D_j$  totala antalet resor till område  $j$ ,  $O_i$  resp  $D_j$  kan också vara invånare i område  $i$  resp  $j$  eller någon form av potential.  $x_{ij}^2$  är avståndet mellan  $i$  och  $j$  i kvadrat.  $k$  är en "konstant".  $T_{ij}$  är antal resor från  $i$  till  $j$ .

Konstanten  $k$  kan bestämmas om de övriga värdena är kända. Modellen har den egenskapen att om både  $O_i$  och  $D_j$  fördubblas ökar trafiken fyra gånger, vilket måste vara fel. Villkoren att  $\sum_j T_{ij} = 0$  och att  $\sum_i T_{ij} = D_j$  måste läggas till.

Dessutom visar det sig att  $x^2$  är en alltför grov approximation av det verkliga "avståndsberoendet".

Införs ovanstående villkor modifieras gravitationsmodellen och kan skrivas:

$$T_{ij} = A_i B_j O_i D_j f(d_{ij})$$

där  $O_i$  är alla resor från område  $i$

$D_j$  är alla resor till område  $j$

$f(d_{ij})$  är ett uttryck för motståndet att förflytta sig mellan  $i$  och  $j$

$$A_i = \frac{1}{\sum_j B_j D_j f(d_{ij})}$$

$$B_j = \frac{1}{\sum_i A_i O_i f(d_{ij})}$$

Den modell man på detta sätt erhåller överensstämmer i princip med de modeller Voorhees, VBB m fl använder och benämns av Wilson modifierad gravitationsmodell.

Den "rena" gravitationsmodellen förekommer ofta beskriven i litteraturen och man får lätt det intrycket att den fortfarande tillämpas i stor utsträckning. Detta är nog inte fallet, normalt används i stället någon form av modifierad gravitationsmodell.

#### 2.4 Fördelningsmodellen eller den modifierade gravitationsmodellen

Här beskrivs den typ av modifierad gravitationsmodell som tillämpas inom VBB. Denna modell överensstämmer i stort med de modifierade gravitationsmodeller som tillämpas allmänt i Sverige och i utlandet. Av praktiska skäl beskrivs just VBBs modell ingående.

Modellen baseras på följande hypoteser:

- (a) Boende och sysselsatta i ett område har ett antal ärenden som skall uträttas och detta genererar resor. Mängden ärenden av olika slag som genereras i området beror dels på socioekonomiska förhållanden och dels på antal boende och sysselsatta i området.
- (b) Val av område att uträtta ärendet i är beroende på utbudet i olika områden.
- (c) Valet av område är också beroende på de olika områdenas tillgänglighet.

Resan tillbaka till bostaden från det område där ett ärende uträttats betraktas inte som ett nytt ärende. Detta gäller också en resa tillbaka till arbetsplatsen under förutsättning att det inte är en resa från den egna bostaden till arbetet.

Modellen arbetar således med genererade och attraherade resor och inte med resor "från-till".

Modellen får formen:

$$T_{ij} = k_i T_i Q_j f(x_{ij}) \text{ och restriktionen att}$$

$$\sum_j T_{ij} = T_i, \text{ vilket ger}$$

$$k_i = \frac{1}{\sum_j Q_j f(x_{ij})}$$

Fördelningsmodellen kan då skrivas:

$$T_{ij} = \frac{T_i Q_j f(x_{ij})}{\sum_r Q_r f(x_{ir})}$$

där  $T_i$  är antal förflyttningar genererade i område för ett visst ärende eller en grupp av ärenden,

$Q_j$  är storleken, kapacitet eller generellt ett mått på förutsättningarna att få ärendet utträttat i område  $j$ ,

$f(x_{ij})$  är motståndet mellan område  $i$  och  $j$ . Normalt sammansatt av reskostnad och tidskostnad,

$r$  är summering över alla områden.

Vid beräkningarna behandlas normalt följande ärendetyper var för sig:

egen bostad-eget arbete  
egen bostad-ärenden som utträttas i annan lokal  
eget arbete-annan lokal  
annan lokal-annan lokal

Modellen saknar restriktionen  $\sum_i T_{ij} = "Q_j"$

Denna typ av restriktion har inte bedömts vara generellt giltig, eftersom mottagarområdena i allmänhet har en "elasticitet" i sin förmåga att ta emot förflyttningar. Detta gäller dock inte resor egen bostad-eget arbete, där antal resor till mottagarområdet kan beräknas i förväg (men med felet att resor bostad-arbete på lunchrasten eller vid övertidsarbete inte kan bestämmas). När man i förväg vet att ett område har en begränsad möjlighet att ta emot resor kan en sådan restriktion införas för ett eller flera områden och en utjämningsräkning utföras.

Beräkning av genererad trafik baseras på data från intervjuer i bostäder och på arbetsplatser. Bilförarens och hela hushålls resmönster under ett dygn har kartlagts i flera svenska orter.

Intervjudata har gett genomsnittsvärden för genereringstal för olika ärenden per individ och sysselsatta.

Genererad trafik i ett område erhålls genom att genomsnittsvärdena multipliceras med antal boende och sysselsatta i området. När det varit möjligt, dvs då undersökningsmaterialet varit tillräckligt omfattande, har olika genomsnittsvärden använts för olika delar av ett samhälle.

Beräkning av  $Q_j$  utförs på ett likartat sätt. Sysselsätta i olika branscher får olika vikt, beroende på det antal ärenden de kan betjäna. Vikterna används då  $Q$ -värden för de olika områdena beräknas. Observera att  $Q$ -värdet inte uttrycker antal resor utan i stället den relativa möjligheten att utträta olika ärenden eller grupper av ärenden i de olika områdena.

Motståndsfunktionen  $f(x)$  har bestämts empiriskt. Mer om detta längre fram.

Fördelen med denna modell är att den är relativt enkel. Modellen har givetvis ett antal svagheter. Motståndsfunktionen  $f(x_{ij})$  är lika för alla områden, vilket har till resultat att  $\sum_j x_{ij}$  antar olika värden för olika områden.

En viss variation i summans storlek är rimlig, men variationens storlek måste kunna regleras så att "rimliga" värden erhålls. Nu sker inte detta, vilket torde orsaka felaktiga resultat, speciellt i storstadsregioner, där regioncentrum får för stora trafikmängder från ytterområden.

$f(x_{ij})$  är inte bara kostnads- och avståndsberoende utan är också en funktion av den information som de resande har. Informationsnivån är hög vid exempelvis inköp av dagligvaror och för andra ärenden, som uträttas regelbundet. Den resande väljer då målområde mer i överensstämmelse med "Kantorović" än efter fördelningsmodellen.

De beräkningar som utförs med modellen är de som föregår steget att lägga ut den beräknade trafiken mellan områden på olika transportsätt och färdvägar.

Vid beräkning av trafik mellan områden måste man ta hänsyn till vilka olika transportmöjligheter som finns och vilka färdvägar som kan användas. Detta måste ske genom att motståndsfunktionens värde bestäms med hänsyn härtill. Motståndsfunktionen kan också, även om det i praktiken inte sker ofta, ta hänsyn till utbudet av transporttjänster. Detta är väsentligt att känna till då man betraktar de fyra steg som en trafikmängdsberäkning i sin helhet innehåller.

Steg 1 Beräkning av genererad trafik, dvs totala antalet resor som bedöms ske i ett samhälle

Steg 2 Beräkning av resor mellan områden

Steg 3 Fördelning på färd sätt

Steg 4 Utläggning på färdvägar

Steg 1 sker helt oberoende av de övriga stegen. Detta beror i första hand på att kunskapen om hur trafik- alstringen påverkas av tillgänglighet och utbud av tjänster är otillräckliga. Dessutom kan den matema- tiska behandlingen innebära stora svårigheter om tra- fikgenereringen kopplades till de övriga stegen.

Steg 2 baseras normalt på den tillgänglighet mellan områden de olika transportsystemen i samhället er- bjuder, dvs samma uppgifter som erfordras för beräk- ningsunderlaget för steg 3 och steg 4. Det stora problemet i detta sammanhang är att beräkna den re- sultterande tillgängligheten mellan två områden då flera färd sätt kan användas.

Steg 4 kan mycket väl behandlas för sig så länge transportsystemet har möjlighet att tillgodose transportefterfrågan. Om efterfrågan däremot är stör- re än utbudet kan steg 4 genom en "feed back" kopplas till steg 2 och 3. Detta måste då ske genom en itera- tiv process. Sådana iterationer utförs normalt då de med hänsyn till noggrannhetskraven bedöms vara nödvändiga.

Modellen kan således begränsas till två beräknings- delar, där den andra beräkningsdelen utgörs av 2:a, 3:e och 4:e steget. Den andra beräkningsdelen inne- bär i praktiken att hänsyn tas simultant till val av område, färdmedel och färdväg. Denna egenskap har i allmänhet alla modeller av denna typ.

## 2.5 Intervening opportunity-modellen

Intervening opportunity kan närmast översättas med "mellanliggande tillfällen". Modellen, som först an- vändes i Chicago 1956, bygger på följande hypoteser:

- (a) Total restid från en utgångspunkt minimeras med hänsyn till förutsättningen att varje destina- tionspunkt har en viss sannolikhet att bli accep- terad om den beaktas som möjligt mål.
- (b) Sannolikheten för en destination att bli accepte- rad om den beaktas som möjligt mål är konstant oberoende av i vilken ordning de beaktas.

Hypotesen leder till följande matematiska samband:

$$dP = L[1-P(V)] dV$$

där dP är sannolikheten att en resa blir avslutad då dV möjliga destinationer beaktas,

P(V) totala sannolikheten att en resa blir avslutad när V möjliga destinationer beaktas



- V möjliga destinationer som redan beaktats
- L konstant sannolikhet för en möjlig destination att bli accepterad om den beaktas.

Differentialekvationen har lösningen

$$P(V) = 1 - e^{-LV}$$

Antalet resor från  $i$  till destination  $j$  kan skrivas:

$$T_{ij} = O_i [(1 - e^{-LV_j}) - (1 - e^{LV_j - 1})]$$

dvs sannolikheten att resan avslutas bland ett antal destinationer där  $j$  ingår minus sannolikheten att den avslutas före  $j$ .  $O_i$  är antalet resor från  $i$  i ett visst ärende. Till uttrycket hör ett antal restriktioner. Wilson visar att uttrycket tillsammans med restriktionerna kan transformeras till samma grundform som de modifierade gravitationsmodellerna.

Antagandet att  $L$  är konstant och oberoende av  $i$  vilken ordning zonerna beaktas har visat sig vara felaktiga.

I en första beräkning i Chicago antog man således att  $L$  var konstant. Figur 2 visar återstående resor som funktion av möjliga destinationer då  $L$  är konstant.

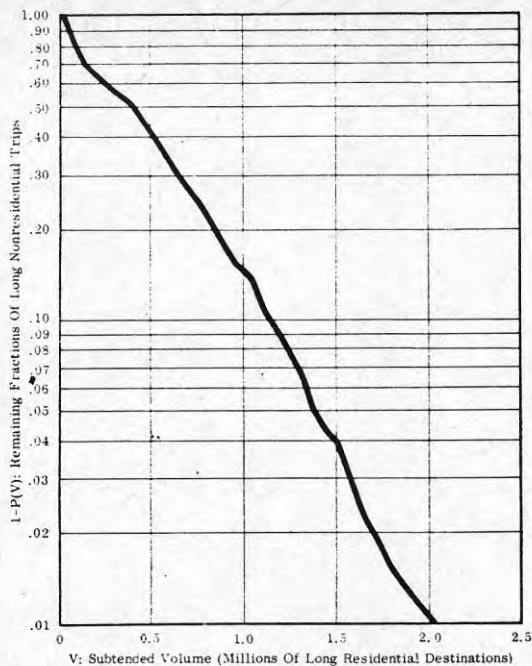
Vid senare analyser, också utförda i Chicago (3), fann man efter kalibrering med uppmätta värden i stället den kurva som visas i figur 3. Slutsatsen är enligt trafikplanerarna i Chicago att sannolikheten att en destination accepteras om den beaktas är en funktion av det antal destinationer som redan har beaktats.

Eduard Lill antog att återstående resor bestämdes av att uppoffringen för resandet var konstant, dvs att det fanns en begränsad resurs tillgänglig för resor. Av detta resonemang följer att sannolikheten för att destinationer som ligger nära skall accepteras som mål är större än sannolikheten att mer avlägsna destinationer accepteras. Läger man in sambandet  $x \cdot y = M$  (enligt Lill på fig. 3) finner man att detta samband har förutsättning att bättre stämma överens med verkligheten än utgångshypotesen för intervening opportunity-modellen.

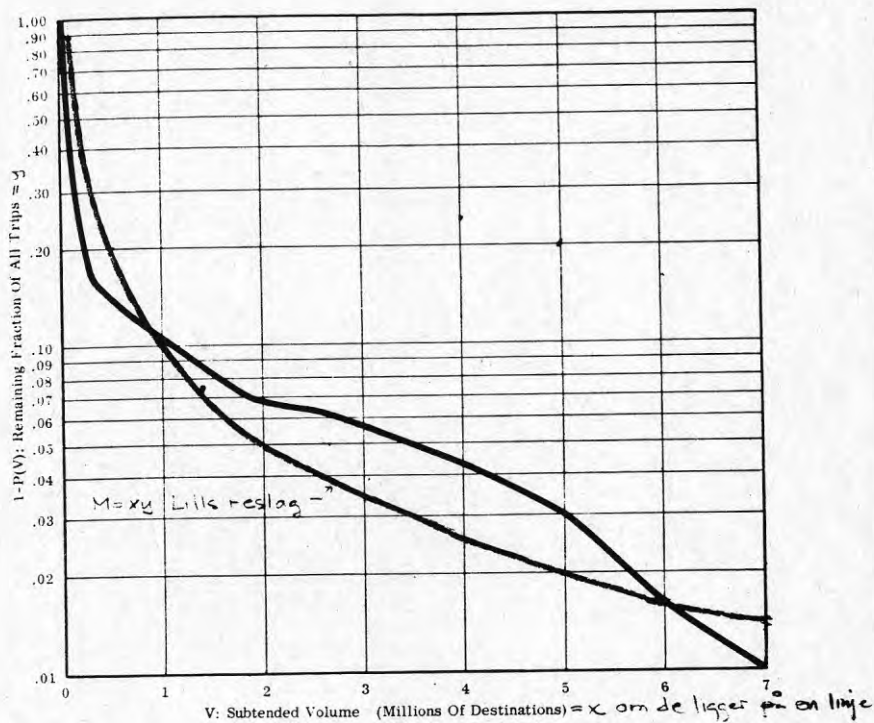
Intervening opportunity-modellen förefaller således vara rätt misslyckad - egentligen är den enligt Wilson en gravitationsmodell och resultatet hade blivit bättre om man använt Lills reslag från 1891.

Men modellen innehåller en väsentlig aspekt som saknas i fördelningsmodellerna. Intervening opportunity-modellen för in tankarna på att det inte bara är





Figur 2. Kumulativ fördelning av långvägs bostadsresor (Chicago-studien CATS zone 001)



Figur 3. Kumulativ fördelning av samtliga resor (Chicago-studien CATS zone 487)

tillgängligheten som avgör hur många besök som görs i ett område, utan också vilka mellanliggande tillfällen till besök som finns.

Exempelvis besöks antagligen ett butikscentrum som ligger bortom en stadskärna i mindre omfattning än ett som har samma tillgänglighet och ligger i en annan riktning. Dessutom besöks antagligen centra på vägen till ett stadscentrum oftare än de som ligger i en annan riktning. Dessa problem kan inte lösas med hjälp av motståndsfunktioner eller nämnarens storlek eller andra matematiska manipulationer i fördelningsmodellerna. Problemen är värda att analysera närmare så att de går att ta hänsyn till i fördelningsmodellerna.

Westelius har visat att fler besök sker på vägen mellan bostad och arbetsplats. Detta beror inte bara på att det är praktiskt att göra besöken under färden till eller från arbetet, utan också på informationen om vad som finns utmed denna väg (7).

## 2.6 Wilson's analyser av gravitationsmodellen

I ett tidigt skede (1967) beskriver Wilson en statistisk teori för rumsliga fördelningsmodeller (4) (entropimodeller). Han börjar med den "rena" gravitationsmodellen som förs över till en modifierad gravitationsmodell, dvs en fördelningsmodell. Han inför utöver övriga villkor också följande villkor som nämnts tidigare:

$$\sum_{ij} T_{ij} c_{ij} = C$$

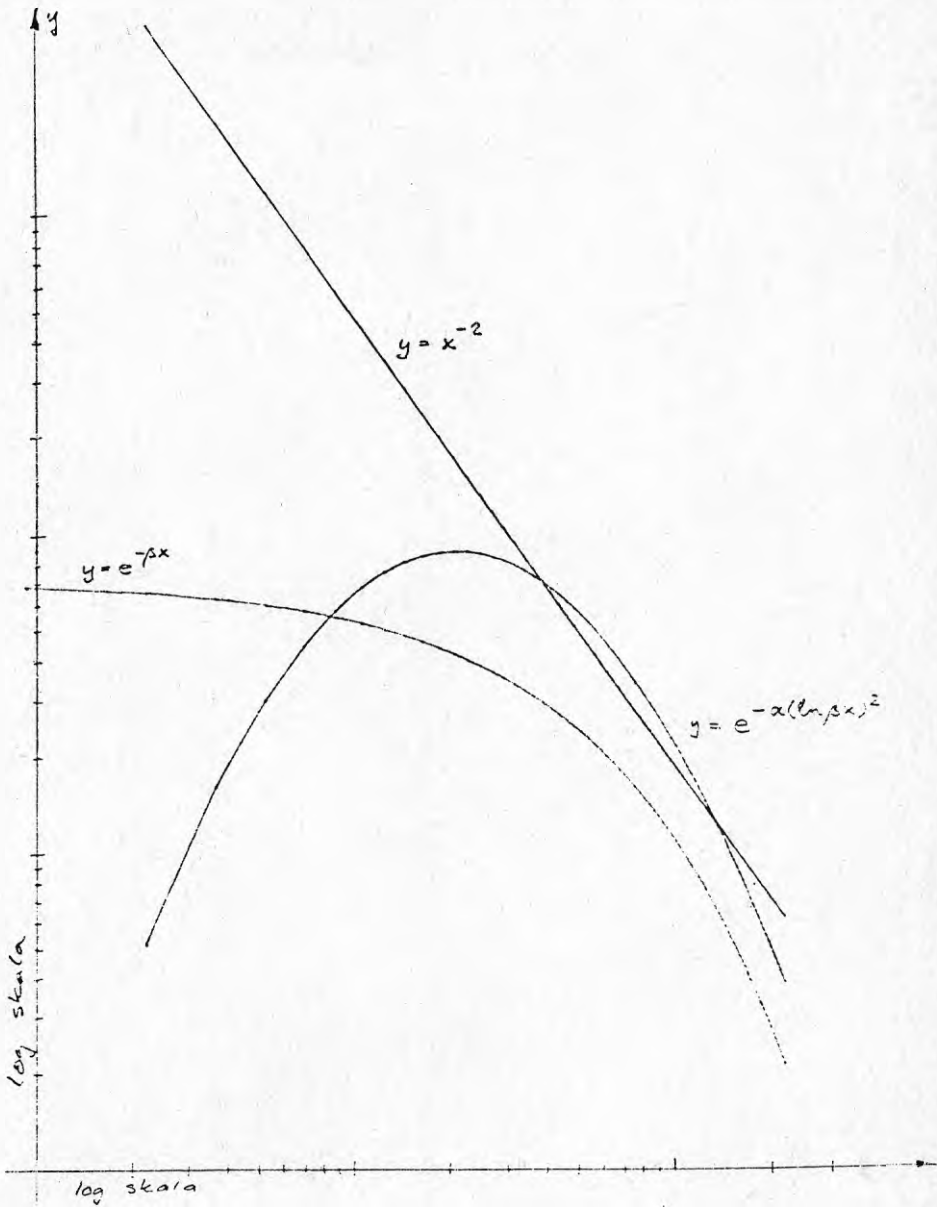
Genom en metod analog med den som används för att beräkna hur en given energimängd är fördelad mellan molekyler, därav benämningen entropi, beräknar Wilson den mest sannolika fördelningen av  $T_{ij}$  med hänsyn till hur denna påverkas av  $c_{ij}$ .

Entropin av en fördelning definieras som  $S = \frac{T!}{\prod_{ij} T_{ij}!}$ .

S maximeras under de villkor som nämns för den modifierade gravitationsmodellen i punkt 6. Denna fördelning kan beräknas approximativt med Stirlings formel som innehåller en logaritmering.

Resultatet blir  $T_{ij} = A_i B_j O_i D_j e^{-\beta c_{ij}}$

Om detta vore riktigt skulle  $e^{-\beta c_{ij}}$  kunna användas som uttryck för  $f(x_{ij})$  i fördelningsmodellerna.



Figur 4. "Motståndsfunktioner" enl. "Lill". "Wilson" och "VBB"

Lills reslag ger för avståndsberoendet funktionen  $x^{-2}$ , baserat helt på teoretiska antaganden. Senare visar det sig att exponenten inte är 2, utan olika för olika avstånd.

I intervening opportunity-modellen baseras modellen på ett antagande om lika sannolikhet att välja mål. Wilsons beräkning, baserad på entropi, är lika litet förankrad i verkligt beteende. Wilson säger i en senare skrift (5) att det inte vore otänkbart att i stället för den tidigare valda restriktionen välja  $\sum_{ij} T_{ij} \log c_{ij} = C$ .

Resultatet skulle då bli att  $e^{-\beta C_{ij}}$  ersattes av  $c_{ij}^{-\beta}$  dvs analogt med  $x^{-2}$ .

Empiriska beräkningar av  $f(x_{ij})$ , baserade på trafikundersökningar med intervjuer i hem och på arbetsplatser eller med endast aggregerade data har för VBBS modell givit utseendet  $e^{-\alpha(\ln \beta x)^2}$ .

Funktionen avser endast bilresor. Detta är orsaken till att den har ett maximivärde.

Teoretiskt skulle motståndsfunktionerna vara lika för olika orter om invånarnas ekonomi, tidsbudget och informationsnivå var lika. Men eftersom detta inte gäller och fördelningsmodellen har vissa brister, blir också motståndsfunktionerna olika.

Några egenskaper värda att notera är att exponenten  $n$  växer med avståndet om funktions sambandet uttrycks som  $x^{-n}$ . Värdet på  $n$  måste bli  $\geq 2$  för stora  $x$ , annars konvergerar inte resandet inom ett ändligt avstånd. Värdet på  $n$  måste dessutom vara  $\geq 3$  för stora  $x$ , annars blir trafikarbetet inte ändligt. Man har också mycket riktigt funnit att  $n$  är större för flygresor än för bil- och tågresor. I dessa analyser har man emellertid dragit den slutsatsen att värdet har ett samband med transportmedlet.

Skillnaden mellan VBBS motståndsfunktion och Wilsons är inte särskilt markerad. Wilsons funktion går dock snabbare mot 0 för stora  $x$ . Se figur 4. Beräkningarna av motståndsfunktionens utseende för stora  $x$  är osäkra, men det finns ingen anledning att tro att Wilsons entropihärledning skulle återspegla människornas beteende. En empirisk bestämning är därför nödvändig.

Wilson finner med entropitillämpning att då flera färdmedel är tillgängliga är

$$e^{-\beta c_{ij}} = \sum_{k \in \delta(n)} e^{-\beta k} c_{ij}^k$$

där  $\delta(n)$  är de transportmedel som är tillgängliga för personer av typ  $n$ , dvs att om motståndsfunktionsvärdena summeras för de olika färdmedlen får man funktionsvärdet för resor med alla färdmedel.

Detta samband skulle enligt Wilson också kunna användas för modal split-beräkningar.

$$T_{ij}^{kl} = T_{ij} \frac{e^{-\beta k l} c_{ij}^{kl}}{\sum_{k=1}^n e^{-\beta k} c_{ij}^k}$$

Man får här en multinominal logitmodell för fördelning av resor på färdmedel där  $c_{ij}^k$  är karakteristiska för färdmedel. Detta skulle således på ett elegant sätt ge en koppling mellan fördelningsmodeller för beräkning av trafik mellan geografiska områden och modal split-problemet.

Man måste då ställa sig frågan om verkligen trafikfördelningen påverkas på detta enkla sätt av utbudet av olika färdmöjligheter. Man kan exempelvis tänka sig att man i ett stort urbaniserat område öppnar en kollektivförbindelse mellan två områden, där det tidigare inte funnits någon och att denna förbindelse ges en så hög standard att den är likvärdig med en befintlig vägförbindelse. Wilsons modell säger då att trafiken i denna relation nästan fördubblas. Restriktionen att inkommande resor inte får överskrida ett bestämt värde har en viss inverkan. Inverkan blir emellertid mindre ju större det urbaniserade området är, eftersom en utjämningsräkning påverkar alla trafikströmmar till området. Det kommer således inte att ske en överflyttning av den tidigare biltrafiken mellan de två områdena till kollektivtrafik till en storlek av omkring 50 % som ligger nära till hands att tro, utan i stället blir biltrafiken oförändrad och det tillkommer lika många kollektivresenärer. Sanningen måste vara en viss trafikökning, men inte en fördubbling, eftersom tillgängligheten förbättras, men inte till det dubbla (se avsn 2.9). Storleken av förbättringen beror på hur mycket den genomsnittliga uppfattningen hos biltrafikanter respektive bilägande kollektivtrafikanter skiljer sig från genomsnittsuppfattningen om tillgängligheten när alla resor skedde med bil.

Wilson's summering av motståndsfunktionerna, som också resulterade i en överensstämmelse med logitmodellen, stämmer således inte för beräkning av hur trafiken fördelas på områden då fler färdmedel är tillgängliga. Detta behöver inte betyda att logitmodellen är fel. Men det betyder att det inte går att använda samma uttryck för  $c_{ij}$  då detta värde skall användas för modal split-beräkningar så länge inte beräkningsmetoderna är konsistenta.

Det går inte heller att bestämma tidsvärden och liknande i en logitmodell för färdmedelsval och sedan direkt tillämpa dem för beräkning av motståndet i fördelningsmodellen. Detta är utomordentligt viktigt att känna till. Antagligen går det över huvud taget inte att använda tidsvärden, nyttouppfattningar  $m$   $m$ , bestämda i en modell i beräkningar där andra modeller används.

Det saknas således metoder att beräkna det resulterande motståndet då flera alternativa transportmedel är tillgängliga. Det enda man nu vet med säkerhet är att tillkomsten av ytterligare ett färdmedel minskar motståndet och ökar motståndsfunktionens värde, men att denna ökning måste vara mindre än den som erhålls vid en summering av funktionsvärden.

## 2.7 De konventionella modellernas nuvarande utvecklingsläge

De konventionella modellerna bygger på följande antaganden:

- (a) Antalet genererade resor i ett område eller antalet resor från ett område är från början känt.
- (b) Målet för de utgående resorna beror på utbudet i de alternativa målområdena.
- (c) Resuppofteringen påverkar valet av målpunkt så att de resande försöker begränsa sitt resande. Uppoffringen mäts i ekonomiska termer. Uppoffring sätts inte i relation till nyttan av att nå ett målområde.
- (d) Lill, Wilson och Kantorović och på sätt och vis också intervenierande opportunity-modellen för in den totala uppofteringen för hela transportarbetet i en ort som restriktion i modellen.

De konventionella modellerna är trots olika utseenden och ursprung förvånansvärt lika. De innehåller de väsentligaste faktorer som torde påverka resmängden mellan områden. Den enkla uppbyggnaden med få förklaringsvariabler innebär att de är lämpliga för prognosberäkningar.



Modellerna har trots detta många svagheter, men dessa torde kunna avhjälpas inom ramen för den modifierade gravitationsmodellen - fördelningsmodellens principiella utseende.

Nedan nämns några av problemen vid användning av modellerna:

- Vid beräkning av trafik i samhällen nära storstadsregioner blir det normalt för stor trafik mot regioncentrum. Detta har flera orsaker:
    - (a) Olika centras attraktion är inte direkt proportionella mot deras utbud, vilket måste förutsättas i modellerna för att inte områdesindelningen skall ingå implicit i beräkningarna.
    - (b) Fördelningsmodellen saknar en restriktion av typen  $\sum_j T_{ij}^c = C_i$ ,  
dvs en restriktion som hindrar att trafikuppsamlingen i ett område inte växer över alla gränser.
    - (c) Motståndsfunktionen är svårhanterlig för stora avstånd.
    - (d) Besök av typ dagliga ärenden sker troligen efter principen "närmaste punkt" där de kan tillgodoseas, dvs informationsnivån är hög och resmönstret närmar sig ett optimalt beteende.
  - Metoder att beräkna resulterande motstånd då flera transportmedel finns att tillgå är ej tillfredsställande utvecklade. Wilson påstår att funktionsvärdena  $e^{-\beta x}$  skall adderas för olika transportmedel, andra tar medelvärdet. Båda metoderna ger orimliga konsekvenser.
  - Motståndsfunktioner är svåra att bestämma, vilket har flera orsaker. Modellerna är så uppbyggda att nästan alla variationer i val av områden skall regleras med hjälp av motståndsfunktionerna. De skall ge uttryck för reaktionen hos individerna på olika resuppsamling. De skall också ge uttryck för den information om målområden och färdväg för individerna har. Då funktionsuttrycken skall bestämmas påverkas de dessutom av ofullkomligheten i modellen i andra avseenden.
- Det finns således fortfarande mycket att göra för att förbättra modellernas uppbyggnad.

## 2.8 Ekonometriska metoder

Ekonometri kan definieras som en disciplin som angriper problemet att bestämma kvantitativa relationer

mellan ekonomiska variabler med hjälp av statistiska metoder. De statistiska metoder som tillämpas är i första hand regressionsanalyser (8).

Ett tillvägagångssätt som används i analyserna är att göra en lista på alla variabler som påverkar exempelvis antalet resor, transportstandarder etc. Samtliga dessa variabler kan ingå i en linjär funktion eller i en Cobb-Douglas-funktion. Med statistiska metoder kan sedan faktorer och exponenter bestämmas. Svårigheterna ligger i att bedöma i vilken utsträckning multipel korrelation föreligger. Detta har stor betydelse när modellerna skall användas för prognoser. Så länge de förklarande variablerna behåller sina relationer till varandra går det bra, även om de är korrelerade, men om relationerna förändras kan prognosen bli helt felaktig (8), (9).

Tegnér och Algers har utvecklat en transportmarknadsmodell där antalet arbetsresor med bil mellan område  $i$  och  $j$  uttrycks:

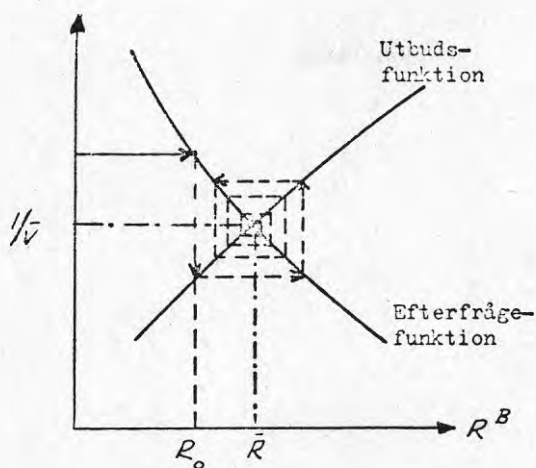
$$T_{ij} = \frac{3790 \cdot N_i^{0,95} \cdot D_j^{0,82} \cdot BT_i^{2,98} \cdot V_{ij}^{4,55}}{C_{ij}^k \cdot 0,04 \cdot S_{ij}^{2,97}}$$

där  $T_{ij}$  är resor från  $i$  till  $j$  med bil

- $N_i$  yrkesverksam nattbefolkning i område  $i$
- $D_j$  yrkesverksam dagbefolkning i område  $j$
- $BT_i$  andel sysselsatta bilhushåll i område  $i$
- $C_{ij}^k$  kollektiv reskostnad mellan  $i$  och  $j$
- $S_{ij}$  avstånd  $i$  kilometer mellan  $i$  och  $j$
- $V_{ij}$  bilreshastighet

Sambanden har beräknats med en Cobb-Douglas-funktion.

Bilreshastigheten, som är en funktion av antalet resor, beräknas iterativt på ett sätt som avspeglar ett insvängningsförlopp mot ett jämviktsläge, se fig. 5 (10). Således en iteration liknande den som sker i fördelningsmodellen om steg 4 används som feed back till steg 2.



Figur 5. Bilresor

Denna typ av modell har utformats från helt andra utgångspunkter än de konventionella. Modellen är helt baserad på statistiska beräkningsmetoder.

Möjligheterna att använda ekonometriska modeller i stället för fördelningsmodeller för fullständiga beräkningar av trafik mellan områden torde vara liten. Däremot kan modeller av detta slag eventuellt vara tillämpbara för känslighetsanalyser vid små förändringar i de ingående förklaringsvariablerna, men då måste man känna till eventuell korrelation mellan förklaringsvariablerna. Införs villkor av typen att endast linjära funktioner får utnyttjas för förklaringsvariabler som är områdesbetonade, vilket i praktiken torde vara nödvändigt och att mängden resor från ett område inte får förändras utöver vissa gränser på grund av yttre omständigheter, övergår modellen i något slags modifierad gravitationsmodell.

## 2.9 "Logit-modellen"

Logitmodellen syftar till att beskriva individers val för att nå nytto-maximering (11).

Sannolikheten för val av alternativ är

$$P(i:A_t) = P[U_{it} > U_{jt} \forall j \in A_t]$$

där  $A_t$  är alternativ till tillgängliga för konsumenten  $t$

$U_{it}$  är nytta av alternativ  $i$  för konsumenten  $t$

Konsument  $t$  väljer således alternativ  $i$  om inget annat alternativ ger större nytta (12).

Nytta har av praktiska skäl uttryckts som  $e^{U_{it}(S_t x_i)}$ , där  $S_t$  är socioekonomiska variabler och  $x_i$  karakteriseras av egenskaper hos alternativet.

Med hjälp av logitmodellen  $P(i:A_t) = \frac{e^{U_{it}}}{\sum_{j \in A_t} e^{U_{jt}}}$

kan sannolikheten för val av alternativ beräknas.

Logitmodellen används för att beskriva det genomsnittliga beteendet hos ett stort antal individer. Modellen förutsätts då beskriva hur stor andel individer som exempelvis väljer ett av två eller flera tillgängliga färdsätt eller en av två eller flera möjliga vägar. Förutsättningarna för beräkningarna är då att individernas uppfattning om nyttan av alternativ  $i$  resp alternativ  $j$  är extremvärdesfördelade.

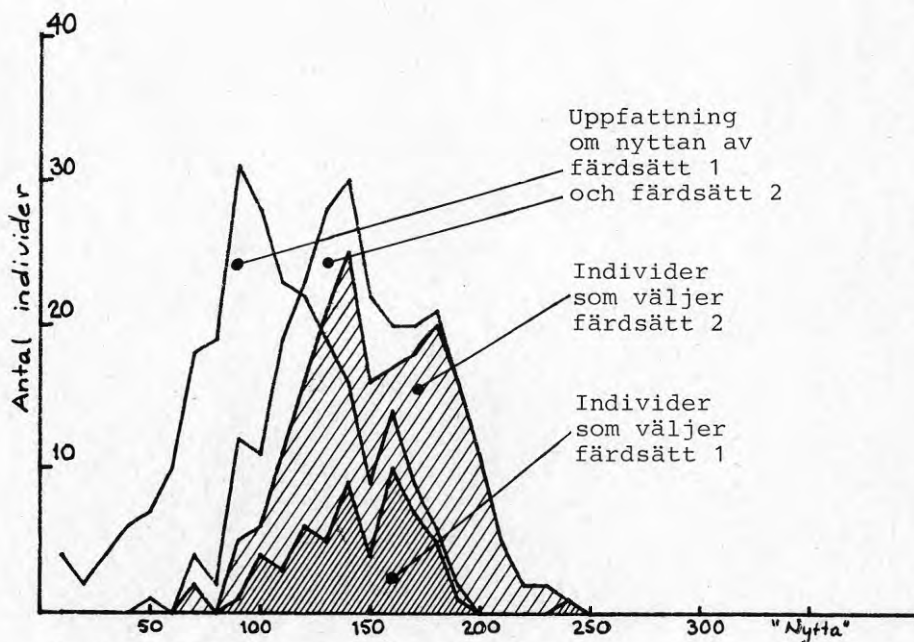
Om exempelvis samtliga individer i genomsnitt tycker att alternativ  $i$  ger samma nytta som alternativ  $j$  föredrar ungefär hälften alternativ  $i$  och hälften alternativ  $j$ , under förutsättning att inte den ena fördelningen är sned i jämförelse med den andra. När den genomsnittliga uppfattningen förskjuts för det ena alternativet i jämförelse med det andra, förändras också valet av alternativ. Detta torde logitmodellen beskriva på ett tillfredsställande sätt.

Andelen individer som väljer det ena av två alternativa färdsätt påverkas också av spridningen i uppfattning om nyttan av att välja respektive färdsätt.

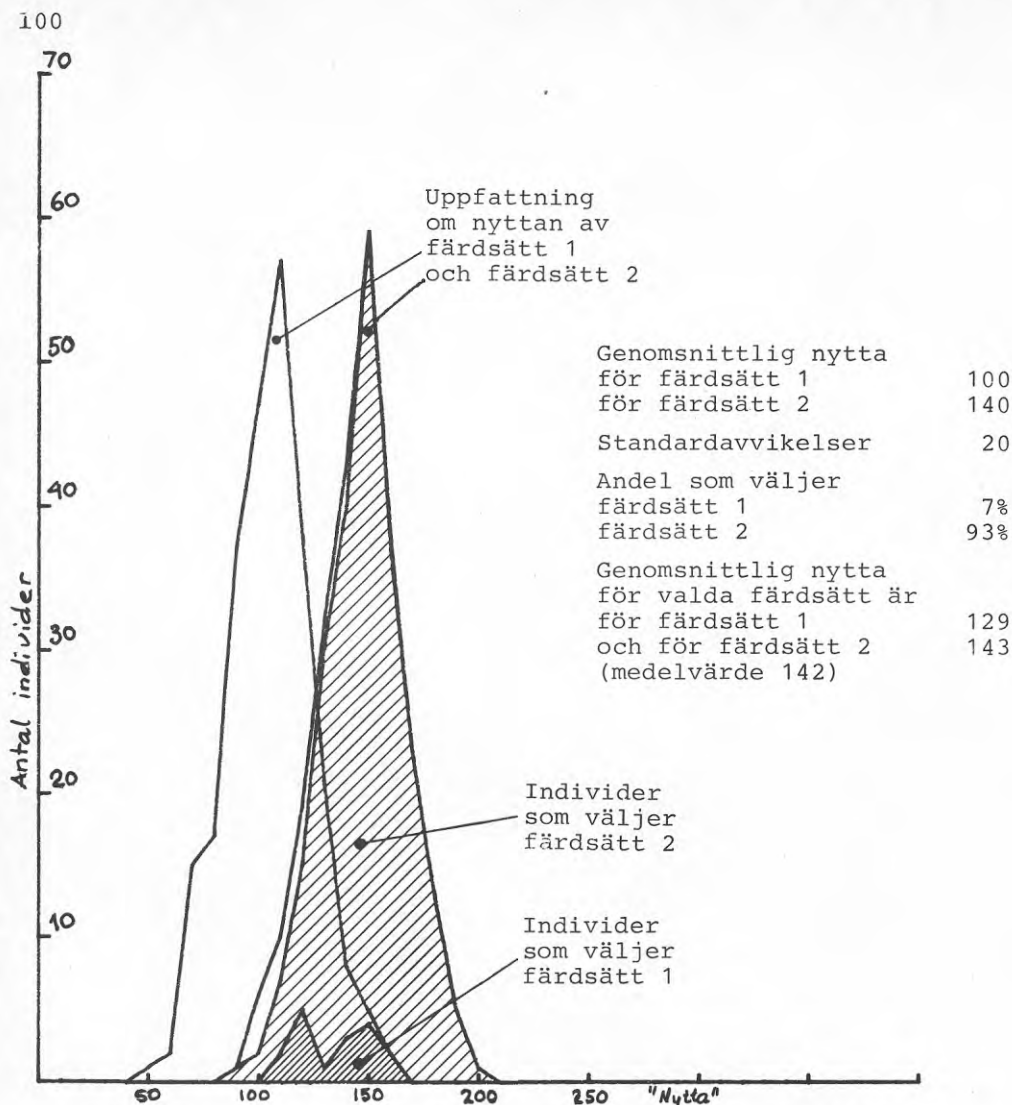
Om det är liten spridning i uppfattning kan en mycket stor andel komma att välja det ena färdsättet även om detta är obetydligt bättre än det andra. Se figur 6. Om det istället är en stor spridning i uppfattningen om respektive färdsätt kommer valet av färdsätt att fördela sig mera jämnt även om den genomsnittliga skillnaden i uppfattning är densamma. Se figur 7.

Hur man tar hänsyn till spridningen i uppfattning om nyttan hos olika individer framgår inte i beskrivningar av logitmodellen. Det ligger ju nära till hands att man för de redovisade exemplen kan dra den slutsatsen att skillnaderna i val av färdsätt beror på att färdsätten erbjuder olika "nytta". Vidare framgår det att val av färdsätt kan påverkas genom information om olika färdsätt och av hur homogent sammansatta de individgrupper är som väljer färdsätt.

Genomsnittlig nytta för färdsätt 1	100
för färdsätt 2	140
Standardavvikelser	40
Andel som väljer färdsätt 1	22%
färdsätt 2	78%
Genomsnittlig nytta för valda färdsätt är för färdsätt 1	141
och för färdsätt 2	149
(medelvärde 147)	



Figur 6. Illustration av hur spridningen i uppfattning om "nytta" påverkar val av färdsätt



Figur 7. Illustration av hur spridningen i uppfattning om "nytta" påverkar val av färdsätt

När valet står mellan fler än två alternativ uppstår problem.

Frågan är om alla alternativ skall beaktas samtidigt eller om varje alternativ i tur och ordning skall jämföras med det bästa av de övriga alternativen (15).

När en stor mängd individers val av olika alternativ skall bestämmas måste emellertid alla alternativen ingå i beräkningsmodellen. De olika alternativen ger med viss sannolikhet största nytta för någon individ.



Det samband som oftast beskrivs i litteraturen är en multinominal logit-modell, dvs just den modell som beskrivits först i detta kapitel. Frågan är om denna modell över huvud taget beskriver valet mellan flera alternativ på ett användbart sätt.

Med hjälp av logitmodellen kan man visa att valet mellan två alternativ inte påverkas av närvaron av andra alternativ. Detta inses lätt, eftersom nämnarna i uttryck som beskriver valet av ett alternativ (i) resp av ett annat alternativ (k) är lika även om flera andra alternativ finns med i nämnarna. Då kan således inte relationen mellan i och k påverkas av vad som står i nämnarna.

För att detta skall gälla borde övriga alternativ vara irrelevanta i sammanhanget (enligt Luce) och då har de inget i nämnaren att göra.

Problemet med logitmodellen kan sammanfattas i tre punkter:

- (1) Är det tillåtet att ha ett summauttryck i nämnaren, såsom i den multinominala modellen? (Antagligen endast under vissa villkor om inbördes oberoende eller irrelevans mellan alternativen).
- (2) Under vilka omständigheter är ett alternativ irrelevant?
- (3) Vilka krav på skillnader till andra färdmedel skall gälla för att ett tillkommande färdmedel skall betraktas som ett nytt alternativ?

När val står mellan olika sätt att förflytta sig torde alla alternativa transportsätt vara relevanta i sammanhanget. Dessutom finns ju alltid möjligheten att avstå från att förflytta sig, vilket kan påverkas av vilka alternativsysselsättningar som finns. Med detta betraktelsesätt finns det över huvud taget inga irrelevanta alternativ i den aktuella valsituationen.

Problemet beskrivs av följande exempel, där det förutsätts att man har ett antal orter, mellan vilka det finns olika transportsätt: bil, tåg, buss etc.

Antag att man genom intervjuer analyserat resandet med bil och tåg och därav kunnat bedöma individernas uppfattning om nyttan av att välja det ena eller andra alternativet. Sätter man nu in en flyglinje mellan orterna är denna ett relevant val i sammanhanget. Troligen flyttas resor över till flyget från både bil och tåg. Här är det alldeles klart att den enkla multinominala logitmodellen inte fungerar, eftersom relationerna i utnyttning mellan bil och tåg säkerligen förändras då flyget tillkommer.

Om man i stället bara gör förändringar som påverkar nyttan av att använda bil resp tåg och låter de andra färdmedlen vara oförändrade, vad händer då?

Ökar man priset på tåget eller minskar turtätheten flyttar en del resenärer över till bil men de flyttar också över till buss. Bussen är relevant i sammanhanget och påverkar således fördelningen även om den i analysen bibehålls oförändrad. Höjs kostnaden för resorna kan vissa resor falla bort helt och hållet. Om däremot de enda möjliga transportsätten är bil och tåg och transportererna ovillkorligen måste utföras beskriver antagligen logitmodellen valet rätt väl.

Detta exempel visar att den multinominala logitmodellen som den beskrivits här inte kan användas för prognosberäkningar när mer än två alternativ behandlas och andra relevanta alternativ finns i bakgrunden.

I diskussionerna om val av färdssätt diskuteras hela tiden olika alternativ. Begreppet alternativ är inte definierat. - "Individuellt färdssätt är ett alternativ till kollektivt färdssätt" - "Buss är ett alternativ till bil för resa i ett stadsområde".

Men är i det senare fallet spårvagnen ett tredje alternativ till bilen eller är spårvagnen bara en variant av bussen?

Vid en nyttomaximering förutsätts att en individ väljer det alternativ som ger störst nytta. Det samband som beskrivits i början av kapitlet säger att sannolikheten att individ  $t$  väljer alternativ  $i$  beror på om det finns något bland alla de andra alternativen som ger större nytta.

Med detta betraktelsesätt finns det "två" alternativ:

("ett") Det alternativ som för ögonblicket övervägs

("två") Alla andra relevanta möjligheter varvid det bästa av dessa jämförs med det som just beaktas.

Om exempelvis bilen diskuteras som transportmedel för ögonblicket blir alla andra möjligheter varianter till alternativet att ta bil. Mycket snabbt utkristalliserar sig antagligen ett huvudalternativ till bilen.

Betraktas det genomsnittliga beteendet hos en stor mängd individer får man en spridning i uppfattningen av alla relevanta transportmedel och därmed också en fördelning i utnyttjandet.

Varje individ har i denna situation valt det färdssätt som ger den största nyttan. Bilen, som var utgångspunkt, har fått en viss andel av hela resandet. Denna andel beror på hur många individer det är som anser

att bilen ger största nyttan. Finns det många alternativ till bilen får den färre förespråkare än om det finns få alternativ. Frågan är om den multinominala logitmodellen kan beskriva detta.

Om exempelvis det finns två tänkbara färdsätt, bil och buss, som erbjuder i det närmaste samma nytta, då får man 50 % på varje. Införs sedan spårvagn som också erbjuder ungefär samma nytta, skulle bilen få 33 %, bussen 33 % och spårvagnen 33 % enligt logitmodellen.

Om man i stället betraktar buss och spårvagn som ett alternativ till bilen konstaterar man snabbt att 50 % skulle välja bil därför att spårvagnen och bussen i samverkan erbjuder samma nytta som bilen. Bussen och spårvagnen skulle då få vardera 25 %.

Med utgångspunkt från bussen som först valt alternativ skulle bil och spårvagn tillsammans betraktas som ett alternativ med resultat att bussen får 50 %, bilen 25 % och spårvagnen 25 %, vilket givetvis är fel.

Exemplet visar att det är nödvändigt att klara ut begreppet alternativ.

Problemet om val sker sekvensiellt eller simultant är fortfarande oklart. Problemet ligger dock i utformningen av "valmodellen" och inte i om modellen är en modifierad gravitationsmodell med "fyra steg" eller en simultan ekonometrisk modell (15).

Det ligger nära till hands att utnyttja logitmodeller också för beräkning av val av färdmål.

På samma sätt som vid färdmedelsval skulle nyttan av att välja ett visst målområde kunna beräknas. Det enklaste är att låta nyttofunktionen  $U_{it}$  också innefatta egenskaper hos målområdet  $i$ .

Bortsett från alla andra betänkligheter med logitmodellen tillkommer ytterligare ett problem. Egenskaperna hos målområdet kommer att ingå i exponenten. Detta har som resultat att områdesindelningen ingår explicit. Om exempelvis, efter det att beräkningskoefficienterna bestämts, ett område delas i två lika hälfter, blir sannolikheten för ett besök i den ena av de halva områdena inte hälften av sannolikheten för ett besök i hela området då de två halvorna betraktades som ett område.

Diskussionen kring detta och följande inlägg hänfördes i huvudsak till del III av programmet. Två frågor restes dock:

- Hur beaktas "spridningen" i olika individers beteenden och värderingar i olika typer av modeller? Eric Read svarade att denna spridning uttrycks på liknande sätt i t ex "logit-modeller" och "gravitationsmodeller". I båda modellerna antages att antalet resor (t ex med visst färdmedel) är proportionellt mot  $\exp(-bX)$ , där X är ett motståndsmått ("upppoffring") och konstanten b relaterad till "spridningen".
  
- Hur beaktas effekten av områdesindelning? Eric Read menade att eftersom motståndsfunktionen inte är lineär i gravitationsmodellen erhålls något olika antal resor på korta avstånd beroende på hur fin områdesindelningen görs. Logitmodeller blir än mer känslig i detta avseende, emedan de i regel ej är kontinuerliga med avseende på antalet valalternativ.

## LITTERATURFÖRTECKNING

- 1 Eduard Lill. Das Reisegesetz und seine Anwendung auf den Eisenbahnverkehr, Wien 1891
- 2 Bexelius, Nimmerfjord, Nordqvist, Read. Studies in Traffic Generetics, Byggnadsforskningen 2, 1969
- 3 E.R. Ruiter. Improvements in Understanding, Calibrating and Applying for Opportunity Model, H.R.R. 165, 1967
- 4 A.G. Wilson. A Statistical Theory of Spatial Distribution Models. Transportation Research Vol. 1, pp 253-269
- 5 A.G. Wilson. Travel demand forecasting. Achievements and Problems, H.R.B. Special Report 143, 1973
- 6 B. Kreko. Linearna programiranje Savremena Administracija, Beograd, 1966
- 7 O. Westelius. The individuals' pattern of travel in an urban area. National Swedish Building Research Document , D2, 1972
- 8 C.V. Leser. Econometric Techniques and Problems. Charles Griffin and Company Limited, London, 1966
- 9 Johnston Econometric Methods, 2nd Edition, Mc Graw-Mill, Kozakusha Ltd, Tokyo
- 10 Tegnér. En transportmarknadsmodell för inomregionala persontransporter, stencil LAKU, 1973-10-15
- 11 Berglund, Tegnér, Widlert. Val av resmål och färd-sätt vid inköpsresor - en beteendestudie. Byggnadsforskningen R8, 1977
- 12 Moshe E. Ben-Akiva. Structure of Passenger Travel Demand Models, TRR 526, 1974
- 13 P.R. Stopher, A.H. Beyburg. Travel demand estimation a new prescription Traffic Engineering and Control, November 1974
- 14 A. Kumar, W.P. Goss. A Modal Choice Model for Fare-Free Transit Transportation Engineering Journal of ASCE, March 1977
- 15 M. Langdon. Modal Split Models for more than two modes PTRC, July 1976, Transportation Models

- 16 D. Brand. Travel Demand Forecasting, some foundations and a review, HRB 1973, Special Report 143
- 17 D. Brand. Separable Versus Simultaneous Travel-Choice Behaviour, HRB 1974, Special report 149
- 18 S. Hansen. Structure of Disaggregate Behaviour Choice Models, HRB 1974, Special Report 149



JÄMFÖRELSE MELLAN KONVENTIONELLA OCH EKONOMETRISKA  
MODELLER

Göran Tegnér

INNEHÅLL

- 1 NÅGRA BEGREPP
  - 2 KRAV PÅ PLANERINGSINRIKTADE TRAFIK-  
BERÄKNINGSMODELLER
  - 3 KONVENTIONELLA MODELLER
  - 4 SIMULTANA TRANSPORTMODELLER
  - 5 INDIVIDBASERADE BETEENDEMODELLER
  - 6 TRAFIKBERÄKNINGSMODELLERS TILLFÖRLIT-  
LIGHET - EMPIRISKA ERFARENHETER
  - 7 SAMMANFATTNING
  - 8 DISKUSSIONSREFERAT
- LITTERATURFÖRTECKNING

## 1 NÅGRA BEGREPP

För att underlätta läsandet av de följande avsnitten börjar vi med att definiera några av de begrepp vi kommer att använda.

Att specificera en modell menas att allmänt bestämma en modells form samt att avgöra vilka variabler som skall ingå i modellen. Att estimera modellen innebär att med statistiska metoder bestämma siffervärden på de konstanter och koefficienter som ingår i modellen.

Estimeringen kan göras med data för enskilda individer. Modellen kallas då disaggregerad. Om estimeringen i stället görs med medelvärden för grupper av individer kallas modellen aggregerad.

För de flesta restyper har trafikanten ett val av resfrekvens, tid på dagen, destination, färdväg och resväg. I ett mer långsiktigt tidsperspektiv väljs också exempelvis bostadens belägenhet. I en simultan modell förutsätts trafikanten göra de olika valen samtidigt (simultant). Trafikanten tänks överväga samtliga egenskaper hos samtliga kombinationsmöjligheter samtidigt. I en sekvensiell modell, tänks trafikanten göra sitt val i en viss ordning.

Med konventionella modeller avses här den s k fyrstegsmodellen, vilken innefattar följande fyra modellsteg i någon given sekvensordning:

- resalstring
- områdesfördelning
- fördelning på färdmedel
- nätutläggning

Med ekonometriska modeller avses här alla modelltyper som bygger på modern beteendeteori (ekonomisk konsumtionsteori, matematisk psykologi o d) och/eller som specificeras, estimeras och tillämpas med beaktande av ekonometriska metoder.

Simultana transportmodeller är en typ av aggregerade ekonometriska modeller som utför de olika stegen simultant.

Individbaserade beteendemodeller kallar vi de ekonometriska modeller som med utgångspunkt från ekonomisk beteendeteori beskriver, förklarar eller förutsäger hur individer väljer.

## 2 KRAV PÅ PLANERINGSINRIKTADE TRAFIKBERÄKNINGSMODELLER

Om det skall vara meningsfullt att använda trafikberäkningsmodeller för prognoser i samband med planering så måste prognosen självfallet kunna beskriva effekten av de åtgärder som är aktuella att vidta, dvs prognosmetodikerna måste kunna belysa effekten av förändringar i de variabler som är relevanta beslutsvariabler för planerande myndigheter. Värdet av prognosen avgörs av hur väl modellen beskriver verkligheten. En dålig prognos kan ibland vara sämre än ingen prognos alls.

I en OECD-rapport (1) om möjligheterna att förenkla trafikprognosmetodikerna diskuteras följande sju krav som bör uppfyllas av trafikberäkningsmodeller:

- 1) De trafikstandardfaktorer som begagnas i modellerna bör vara så fullständiga att resbeteendet kan förutsägas tillförlitligt. T ex bör faktorer som regularitet, antal byten etc ingå om empiriskt stöd finns för detta.
- 2) Trafiksystemets egenskaper och de faktorer som bestämmer servicenivåer skall ingå i varje modellsteg, inkl resalstringen, såvida inte empiriska bevis föreligger, som bevisar motsatsen.
- 3) Samma faktorer bör påverka varje modellsteg (såvida ej empiriska data indikerar något annat) så t ex bör kollektiva taxor, parkeringsavgifter, gångavstånd och turtäthet påverka inte bara färdmedelsvalet utan även nätutläggning, resalstring och områdesval.
- 4) Den jämviktslösning som erhålls måste vara konsistent, varmed menas att samma värden för de olika trafiksystemfaktorerna måste påverka varje modellsteg. Så t ex måste de restider som används som indata för färdmedelsfördelning och till och med resalstring vara desamma som de som blir resultatet av nätutläggningen. Om så erfordras, måste återkoppling från nätutläggning till resalstring, områdesfördelning osv åstadkommas för att en konsistent jämviktslösning skall erhållas.
- 5) Varje färdsets egenskaper (servicenivå) borde påverka resefterfrågan. Trängsel på vägnätet eller i kollektiva linjenät, begränsad kapacitet (t ex parkeringskapacitet), taxor etc för resp färdmedel borde påverka inte bara det egna färdmedlets efterfrågan utan även efterfrågan på andra färdmedel i alla modellsteg (resalstring, områdesfördelning, färdmedelsfördelning och nätutläggning). Metoden

bör tillåta explicita korselasticiteter.

- 6) De olika efterfrågefunktionerna för resp modellsteg måste vara internt konsistenta.
- 7) Estimationstekniken skall ge statistiskt giltiga och reproducerbara resultat.

I de följande avsnitten skall vi närmare diskutera några olika modelltyper mot bakgrund av bland annat ovanstående krav.

## 3 KONVENTIONELLA MODELLER

I dag används normalt den s k "fyrstegsmodellen" vid trafikprognoser. Fyrstegsmodellen består av fyra modeller för trafikallstring, områdesfördelning, fördelning på färdmedel och nätfördelning. Dessa steg görs i olika ordning vid olika tillämpningar. Metoden innebär att trafikanten förutsätts fatta sina beslut i en viss sekvensiell ordning. Fyrstegsmodellens ursprungliga användningsområde gällde dimensioneringen av vägnät, men dess användningsområde har med tiden vidgats.

Fyrstegsmodellen har flera brister. Några av de viktigaste är:

- o Resalstringen antas enbart vara en funktion av socio-ekonomiska variabler, medan trafiksystemets egenskaper inte antas påverka resalstringen. Förändringar i restider, taxor eller parkeringsavgifter antas således ej påverka antalet resor per person. Detta antagande är klart orealistiskt, särskilt för icke arbetsresor. Detta förklarar delvis den allmänt förekommande ökningen i antalet genererade resor som har iakttagits när nya vägar har byggts - ökningen som fyrstegsmodellen har misslyckats med att förutse.
- o Områdesfördelningen beräknas traditionellt med gravitationsmodellen, där förutom attraktivitetsfaktorn vanligtvis en enda trafiksystemvariabel antas påverka områdesvalet antingen kilometeravstånd eller restidsavstånd. Trafiksystemets egenskaper beskrivs och representeras alltså dåligt i områdesfördelningsmodellen.
- o Områdesfördelningsmodellen antar att den existerande reslängdsfördelningen är konstant över tiden. Det finns inget skäl till detta antagande.
- o Kalibreringen av områdesfördelningsmodellen görs vanligtvis med hänsyn till frekvensfördelningen för reslängderna och inte med hänsyn till det områdesvisa resmönstret. Det totala antalet resor för en viss reslängd kan därför stämma med verkliga antalet, medan antalet resor mellan olika områden kan misstämma grovt.
- o Färdmedelsfördelningen beräknas med sådana faktorer som inte antas påverka resalstringen.
- o Endast i nätutläggningen införs trafiksystemets servicenivå så att balans mellan länkefterfrågan och länkkapacitet kan erhållas i ett jämviktsläge.
- o Modellsystemet är internt inkonsistent i sin uppbyggnad och saknar nödvändiga återkopplingar. Det

bygger ej heller på teorin för konsumentbeteende, vilket gör det vanskligt att tillämpa modellresultaten för samhällsekonomiska kostnads-intäktsanalyser.

Modellerna saknar dessutom de flesta förklaringsvariabler som är intressant för planeraren och de är dessutom dyrbara och tidskrävande att använda. De är alltför inriktade på långsiktiga dimensioneringsproblem och alltför lite inriktade på mer omedelbara trafikpolitiska problem.

Fyrstegsmodellen kalibreras med hjälp av aggregerade data. Önskade data insamlas ofta i disaggregerad form, t ex genom intervjuer, för att sedan aggregeras till medelvärden i olika geografiska zoner. Kriteriet för avgränsningen av zonerna kan exempelvis vara tillgänglighet till olika transportmöjligheter. Bestämningen av resupppoffringar etc görs till en enda centroid i zonen. När modellen kalibreras på dessa zonvisa medelvärden gör man därför förenklingen att anta att samtliga zonens innevanare bor i en enda punkt i zonen, centroiden. Aggregeringen av data till zonmedelvärden rymmer ett visst mått av godtycke genom valet av start- och målområden.

En aggregerad modell som kalibrerats med hjälp av medelvärden på socio-ekonomiska variabler och resupppoffringar, behöver inte representera en individs beteende och inte heller det genomsnittliga beteendet hos individgruppen under olika förhållanden. Aggregeringen kan leda till så kallade "ekologiska felslut" vilket innebär att man drar den felaktiga slutsatsen att samband som gäller för områden, eller grupper av individer, också skulle gälla för enskilda individer.

För att det skall vara meningsfullt att använda zonvisa medelvärden på variabler krävs att inomzonvariansen för variablerna är mindre än mellanzonvariansen. Av detta skäl är aggregerade modeller speciellt olämpliga för att fånga in transportsystemvariablernas betydelse. Beträkta till exempel gångavståndet från bostad till busshållplats. Det är rimligt att tro att detta avstånd har stor betydelse för färdmedelsvalet mellan buss och bil (för de som kan välja). Det är troligt att det inom en viss given zon både kommer att finnas individer som bor nära en hållplats och individer som bor långt ifrån en hållplats. Inomzonvariansen för gångavståndet kommer att vara stor. Om medelvärdet för gångavstånden inom respektive zon är ungefär lika för de olika zonerna är det troligt att gångavståndet till hållplats vid en modellanlys skulle visa sig sakna inverkan på färdmedelsvalet. De skillnader i gångavstånd som kraftigt inverkar på färdmedelsvalet existerar i detta fall enbart på disaggregerad nivå, inte på zonnivå. Användningen av aggregerade data skulle leda fram till en modell som



felaktigt saknade gångavstånd till hållplats som förklaringsvariabel.

När variansen inom zonen är stor förloras alltid värdefull information genom aggregeringen, dvs aggregeringen innebär en misshushållning med tillgängliga data. Att åstadkomma en zonindelning som gör att zonerna blir homogena m a p alla de studerade variablerna kräver normalt så avancerade statistiska analyser att det inte kan utföras i praktiken.

Erfarenheten visar att aggregerade modeller vanligen inte går att överföra från ett område till ett annat utan att kalibrera om modellens koefficienter. Det finns då grundad anledning att betvivla modellens giltighet för olika zonindelningar av samma område. För undersökningsområden där förhållandena förväntas ändras kraftigt mellan basåret och prognosåret blir den reella effekten just en sådan förändring av zonerna, varför modellens värde för prognoser kan ifrågasättas.

Vid aggregerade modeller uppstår svårigheter att beskriva inomzonresorna. Detta leder ofta till att dessa resor försummas trots att de kan vara av betydande omfattning. Alternativt antas att dessa inomzonresor har identisk längd eller identiskt pris, ett antagande som knappast är verklighetstroget.

Trafikmodellen är sekvensiell, dvs trafikanten tänks göra sitt val i en viss ordning. Trafikanten tänks t ex bestämma sig för att resa (oberoende av färdmål och färd sätt), sedan för var han skall resa (oberoende av tillgängliga färd sätt till olika destinationer), därefter hur han skall resa och till slut vilken väg han skall resa.

Att en sekvensiell uppdelning av valsituationen inte alltid beskriver trafikantens verkliga beteende torde stå klart. Att valet mellan simultana och sekvensiella modeller är väsentligt har visats av Ben Akiva. För ett observationsmaterial estimerades tre olika modeller. Den första var en simultan modell för val av destination och färd sätt. Den andra modellen beskrev valet av färdmedel när destinationen antogs given och den tredje modellen beskrev valet av destination när färdmedlet var givet. Skillnaderna mellan koefficientvärdena i de olika modellerna blev stora. Som exempel kan visas de restidsvärden som erhöles ur de olika modellerna. Från modell ett erhöles ett tidsvärde av 0,78 \$/tim, från modell två 0,28 \$/tim och från modell tre 2,21\$/tim. Tidsvärdet från modell tre är nära åtta gånger högre än tidsvärdet från modell två. Den valda strukturen inverkar således kraftigt på de estimerade koefficienternas storlek.

Den simultana strukturen förefaller mer rimlig för de flesta resbeslut. I de fall det inte finns några speciella skäl för att anta en viss ordning bör det därför vara bättre att förutsätta en simultan beslutsprocess.

Fyrstegsmodellen har självfallet genomgått successiva modifieringar under den tid den har tillämpats. Marginella förbättringar inom varje modellsteg har företagits. Kategorianalys tillämpas på resalstringssteget. Nätutläggningsmodellerna har vidareutvecklats till att även omfatta kollektiva linjenät, flervägsvalsmetoder och inkrementella nätutläggningsmetoder har prövats. Områdesfördelningsmodellerna har utvecklats med hjälp av entropi-maximeringsteorin. Bättre specifikation av gravitationsmodellen har härigenom uppnåtts.

Entropi-maximeringsmodellen har dock även en rad allvarliga nackdelar. De bivillkor som är förknippade med modellen är bl a följande:

- givet lokaliseringsmönster
- given total transportkostnad för hela trafiksystemet

Det sistnämnda villkoret är så restriktivt, att entropi-modellens realism måste ifrågasättas så länge den är beroende av detta villkor. Stein Hansen har också visat empiriskt att ett av de fundamentala antagandena i entropimodellen - nämligen att ökad entropi i ett (trafik) system är kongruent med ökad välfärd i systemet (nyttomaximering, ökad tillgänglighet) - inte håller. (4).

Sammanfattningsvis kan därför sägas att trots åtskilliga förbättringar så består många av de ursprungliga nackdelarna med fyrstegsmodellen. Så är t ex inte ett enda av de i föregående avsnitt uppställda kraven på trafikberäkningsmodeller uppfyllt. Kalibreringen av fyrstegsmodellen medför ett ineffektivt användande av stora datamängder. Fyrstegsmodellen är en "datadinosaur" genom att den konsumerar enorma kvantiteter datortid och är extremt rigid och okänslig för ett stort antal trafikpolicyfrågor. Dessutom brister modellsystemet fortfarande i prognostillförlitlighet. (5)

"To summarise, we have a series of excessively complicated and expensive models using unsubstantiated and biased techniques to provide information of dubious accuracy for answering the wrong questions". (6)

Mot bakgrund av de konventionella modellernas svagheter är det naturligt att andra typer av modeller kommit att utvecklas. Man har då utgått från den traditionella metodikens grundläggande svagheter och försökt finna teoretiskt mer tilltalande lösningar.

Ekonomisk konsumtion-, nytto- och valhandlingsteori har tagits till utgångspunkt eftersom själva beslutet att företa en resa kan ses som ett ekonomiskt beslut av valhandlingskaraktär. Beslutsenheten, t ex individ eller hushåll, tar simultant hänsyn till trafiksystemfaktorer (restider, reskostnader, reskomfort etc) och socio-ekonomiska faktorer (inkomst, arbete, ålder etc). Målet är att genomföra en simultan beräkning av resalstringen, dess geografiska fördelning, samt fördelning av denna på färdmedel och färdvägar. Endast om man kan integrera dessa fyra steg, kommer man att kunna ta hänsyn till interaktionen mellan alla dessa olika delbeslut.

På detta sätt har de simultana efterfrågemodellerna utvecklats. De är simultana aggregerade modeller och de kan generellt formuleras på följande sätt:

Antalet resor mellan två zoner är en funktion av:

- socio-ekonomiska faktorer för de båda zonerna, t ex folkmängd, arbetsplatser, medelinkomst, biltäthet
- transportsystemets egenskaper i form av restider, reskostnader, reskomfort för alla färdmedel.

Genom denna formulering är det tre steg som behandlas simultant i modellen: resalstring, områdesfördelning och färdmedelsval. Alla dessa beslutssteg integreras i en enda modell.

På detta sätt uppnås två väsentliga fördelar; dels inverkar trafiksystemets kvalitet på resalstring och områdesfördelning och dels påverkar ett visst färdmedels egenskaper utnyttjandet av de övriga färdmedlen. Det blir således möjligt att t ex beräkna inverkan av förändrade bilreshastigheter på antalet bussresor med dessa simultana modeller. De är därigenom mycket lämpliga för att belysa effekter av trafikpolitiska åtgärder.

De simultana modellerna har genomlöpt en utvecklingsfas från efterfrågemodeller till marknadsmodeller.

Ursprungligen formuleras de som simultana reseefterfrågemodeller med begränsad hänsyn till andra färdmedel (Abstract-Mode eller Quandt-Baumolmodellen). En mer generell variant utvecklades av G Kraft för bla den berömda amerikanska nordostkorridorstudien KRAFT-SARC-modellen).

Dessa båda varianter av simultana modeller var renodlade och aggregerade efterfrågemodeller. De är främst avsedda för s k intercityresor mellan par av städer och stadsregioner. Oftast är utbudsförhållandena renodlade (motorvägar, järnvägsspår, flygkorridorer), varför man har kunnat bortse från t ex trängselfenomen.

Att på detta sätt bortse från distinktionen mellan tillgång och efterfrågan på transporttjänster är mycket vanligt i trafikberäkningssammanhang.

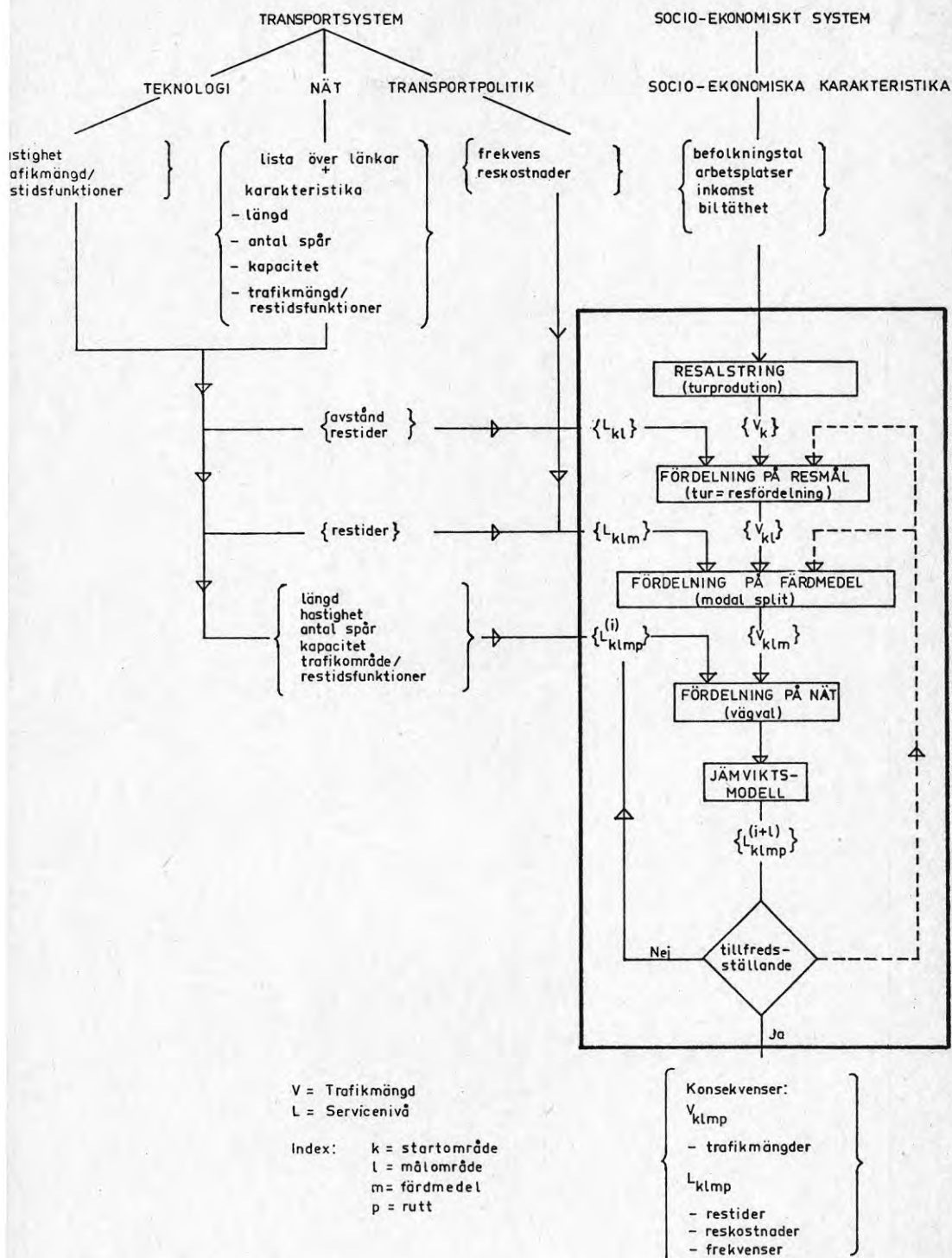
Med reseefterfrågan avses en utsaga om individers resbenägenhet. En efterfrågefunktion representerar ett villkorligt samband som förklarar hur antalet efterfrågade resor beror på resans olika attribut och andra förklaringsfaktorer. Alla de fyra beslutsstegen i fyrstegsmodellen behandlas simultant i reseefterfrågefunktionen. Med tillgången på transporttjänster - utbudsfunktionen - förstås i detta sammanhang antingen sambandet mellan den erbjudna transportstandard ("servicenivån") och användandet av transporttjänsten eller sambandet mellan resupoffringen (uttryckt som generaliserad kostnad) och användandet.

De modernare varianterna tar även hänsyn till transportutbudet och är därmed att betrakta som transportmarknadsmodeller. De mest aktuella modellerna är KRAFT-WOHL, DODOTRANS (som bl a tillämpas i Danmark) samt TRANSLOKS transportmarknadsmodell (TRAMA), vilken har tillämpats i Stockholmsregionen. Dodotrans är en intercity-modell, medan TRAMA främst är avsedd för inomregionala resor. Skillnaderna gäller dock ej modellprincipen utan främst de faktiska tillämpningar som hittills har skett.

Den väsentligaste skillnaden mellan de sekvensiella och de simultana modellerna ligger i hur man beräknar jämviktstrafikmängderna.

Den sekvensiella metoden arbetar med indirekt anpassning via en rad successiva kalibreringar och iterationer, vilket framgår av figur 1 nedan där den "svarta lådan" visar det som görs av modellen.

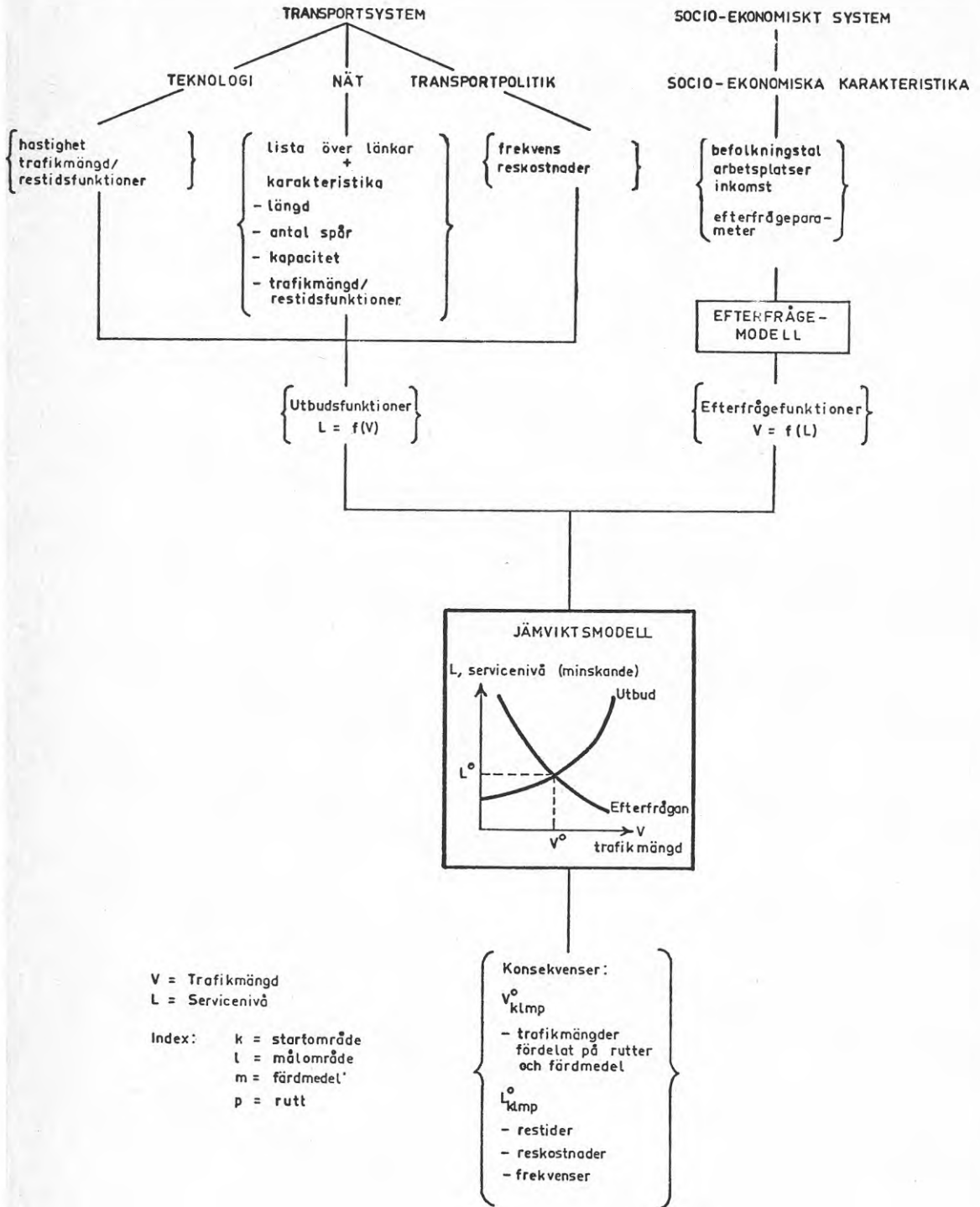
Den simultana metoden arbetar med direkt anpassning av efterfrågan och utbud - marknadsjämvikt - vilket framgår av figur 2 nedan. Av figuren framgår hur mycket enklare och mer direkt de simultana modellerna arbetar ("svara lådan" är mindre).



Figur 1

Konventionella modeller





Figur 2

Simultana modeller



En modell av TRAMA-typ innebär således en rad förändringar gentemot de konventionella modellerna:

- Tre successiva resebeslut - att resa, vart och med vilket färdmedel - integreras i en modell och beskrivs sålunda som ett simultant beslut, snarare än en följd av beslut.
- Reseefterfrågan antas vara elastisk. Vid givna potentialer och socio-ekonomiska förhållanden kommer antalet resor att bero på trafiksystemets utformning - restider, reskostnader och resbekvämlighet.
- Transportapparaten ses som en enhetlig transportmarknad med substitutsmöjligheter. Det är således själva förflyttningen mellan två punkter som är intressant, utnyttjandet av de olika färdmedlen bestäms dels av socio-ekonomiska karaktäristika t ex bilinnehav, dels färdmedlens egenskaper. Förflyttningen mellan två punkter är också beroende av förflyttningar mellan andra punkter. I en annan modellvariant kan även beroende mellan restidpunkter integreras i modellsystemet.
- Trängseleffekter påverkar - via utbudsfunktionen - antalet resor mellan områdena. Antalet resor mellan ett områdespar blir således beroende av antalet resor mellan andra områdespar.
- Genom uppbyggnaden av efterfråge- och utbudsrelationerna uppnås att det ekonometriska identifikationsproblemet hanteras på ett tillfredsställande sätt. Risker att estimerade efterfrågeelasticiteter inte är "rena" efterfrågeelasticiteter utan ett mellanting mellan utbuds- och efterfrågeelasticiteter är därmed eliminerad.
- En styrka hos transportmarknadsmodellen är att den direkt kan användas i samhällsekonomiska kostnads/intäktsanalyser (cost-benefit analyser).

Transportmarknadsmodellerna uppfyller de i det inledande kapitlet uppställda kraven. De största problemen med modelltypen hänger ihop med att modellerna är aggregerade. Problemen som då uppstår har behandlats ingående i föregående avsnitt. Resultatet av dessa problem visar sig genom att det är mycket svårt att få statistiskt säkra resultat vid estimate-  
ringen.

## 5 INDIVIDBASERADE BETEENDEMODELLER

De hittills beskrivna modelltyperna har varit aggregerade. Naturligt nog är det lättare att bygga upp en teori för trafikanters beteende från individuell nivå än från en nivå av ett heterogent aggregat av individer. De individbaserade beteendemodellerna bygger på ekonomiska teorier för individers beteende i valsituationer. Teorin beskrivs i en bilaga till seminarierapporten "Modeller för samtidigt val av färdmål och färdmedel" och förbigås därför här. Den hittills vanligaste modellen av detta slag är den sk logitmodellen.

Genom att modellerna är disaggregerade så lider de inte av de svagheter som är förknippade med aggregerade modeller. Vid tillämpningen i en prognossituation, är dock aggregering av individdata nödvändig. Logitmodellen ger då möjlighet att välja aggregeringsnivå och inriktning efter problemets art så att önskvärd tillförlitlighet uppnås. Eftersom modellen är estimerad på individnivå kan andra aggregeringsprinciper än de rent geografiska väljas, t ex efter socio-ekonomiska kriterier.

Som en konsekvens av att logitmodellen är förankrad i beteendeteorin har den ytterligare fördelar framför fyrstegsmodellen. Genom beteendeinriktningen antas att individens val påverkas bl a av trafiksystemets egenskaper och servicenivå. Dessa är - i sin tur - samtidigt de handlingsinstrument som de trafikplanerande organen förfogar över. Denna förnämliga egenskap är en logisk följd av modellformuleringen och är därför ej artificiellt påtvingad den ursprungliga modellformuleringen.

Genom att logitmodellen är en beteendemodell, erhålls som en biprodukt tids- och komfortvärden, vilka kan användas för att bedöma lönsamheten av olika åtgärdsprogram. Dessa tids- och komfortvärden är - genom logitmodellen - härledda via trafikanternas manifesterade beteenden. Om t ex målet för trafikpolitiken är att genom investeringar i trafiksystemet gynna vissa socio-ekonomiska grupper, kan planerarna genom att använda denna modell avgöra vilka slags investeringar (alternativt trafikpolitiska åtgärder i ett givet trafiknät) som mest gynnar de grupper man åsyftar. Detta förutsätter enbart att man vid estimeringen av logitmodellens parametrar har delat upp materialet på relevanta socio-ekonomiska grupper.

De individbaserade modellerna gör det möjligt att antingen förutsätta en simultan eller sekvensiell beslutsprocess. Alternativt kan vissa val antas ske simultant och vissa andra sekvensiellt, d v s modellerna är mycket flexibla. Det finns även möjligheter att uttrycka en simultan beslutsprocess genom ett antal hopkopplade sekvensiella modeller, en egenskap

som avsevärt kan underlätta modellestimeringen (se för övrigt Nils Bruzelius seminariepromemoria).

Det är normalt ej nödvändigt att estimeras om logitmodellen vid tillämpning i andra områden än där den estimerats. Detta beror på att mänskligt beteende är stabilt över olika geografiska områden, åtminstone inom samma kulturområde. En fullständig trafikundersökning är dessutom inte nödvändig för omkalibrering, vilket är fallet med fyrstegsmodellen. I den mån logitmodellen är ofullständigt specificerad, inskränker sig behovet av kalibrering till konstanttermen (-erna). (5)

Den disaggregerade modellen bör därför kunna bli väsentligt mer generell än den aggregerade. En modell som bygger på realistiska antaganden om trafikanternas beteende och som beskriver detta beteende på ett korrekt sätt, blir också användbar för att förut säga effekten av stora förändringar.

Ännu så länge är logitmodellerna endast utvecklade för vissa delar av den totala valsituationen. De flesta modellerna gäller färdmedelsval vid arbetsresor, men även färdmål, resväg, bilinnehav etc har behandlats. Utvecklingen inom området är också intensiv internationellt, både empiriskt för att estimeras färdiga modeller och mer teoretiskt för att utveckla själva modellerna i sig.

## 6 TRAFIKBERÄKNINGSMODELLERS TILLFÖRLITLIGHET - EMPIRISKA ERFARENHETER

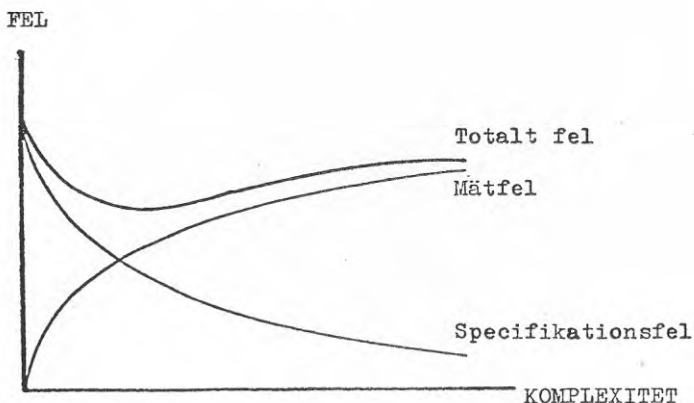
### 6.1 Inledning

Som inledning och bakgrund till avsnittet om empiriska erfarenheter av olika modelltyper skall först några allmänna synpunkter på prognosfelen i modeller ges. Framställningen baserar sig huvudsakligen på en artikel av Alonso (7). Därefter beskrivs helt kort resultaten från några olika utvärderingar i samband med praktiska tillämpningar av olika modeller.

De fel som kan uppstå när modeller används är av flera olika slag. Två grundläggande typer av fel är specifikationsfel och mätfel i prognosmodellens variabler. Specifikationsfelen innebär fel p g a att modellen ej har "rätt" form, ej innehåller de relevanta variablerna etc. Mätfelen uppstår p g a att man ej har möjlighet att erhålla tillförlitliga variabelvärden, speciellt för en avlägsen framtid. Andra typer av fel är fel i modellens koefficienter, t ex p g a felaktigheter i det observationsmaterial modellen estimeras från och fel på grund av att estimerade samband i verkligheten kan tänkas förändras över tiden.

Vad gäller mätfelen och specifikationsfelen finns ett inbördes samband. Ju mer komplex en modell görs desto större möjligheter finns att minska specifikationsfelen (alla relevanta förklaringsvariabler kan då finnas med, komplicerade samband kan beskrivas detaljerat etc). Men med en ökande komplexitet ökar också mätfelen. Sambandet illustreras i figur 3 nedan:

Figur 3 Samband mellan totalt fel, mätfel och specifikationsfel



Som framgår av principfiguren så får mätfelen till effekt att det inte lönar sig att göra alltför komplexa modeller, det totala felet kommer då att öka. En viktig slutsats är att ju sämre data man har, desto enklare modell bör man välja.

Alonso anger också fem tumregler för hur "modellbyggandet" bör ske för att så långt som möjligt minska prognososäkerheten som uppstår p g a osäkerheten i indata:

1. Undvik inbördes beroende variabler
2. Addera variabler om möjligt
3. Multiplicera eller dividera om det inte går att addera
4. Undvik - så långt som möjligt - att ta skillnader eller höja till potenser
5. Undvik - så långt som möjligt - modeller som fortsätter i kedjor

## 6.2 Pendling i Stockholm

I samband med landstingets kollektivtrafikutredning i Stockholm (LAKU) gjordes bl a en pendlingsprognos med en konventionell fyrstegsmodell. Modellen kalibrerades mot FoB-data för 1970. När sedan modellens beräknade pendlingsvärden jämförs med de verkliga erhålls därför ett mått på hur väl modellen går att anpassa till ett givet datamaterial.

Om jämförelsen mellan verkliga och beräknade pendlingsströmmar görs på en tämligen grov nivå, med regionen indelad i 16 områden, erhålls resultat enligt tabell 1 nedan. I tabellen visas antalet element i den erhållna 16 x 16 matrisen ordnat efter storleken på det relativa felet i elementen och typ av pendling (inopendling, till- och från innerstaden samt tvärpendling).

Tabell 1 Relativa fel på 16-områdesnivå

Relativt fel %	Inopendling	Till och från innerstaden	Tvär- pendling	Totalt
0-9	4	20	30	54
10-19	4	3	32	39
20-29	4	3	34	41
30-39	1	2	17	20
40-49	1	2	13	16
50-59	1		25	26
60-69			13	13
70-79			6	6
80-89			1	1
90-99			4	4
100-199			32	33
200-w			3	3
Antal celler	15	30	210	256
Medelvärde	26%	13%	54%	44%



Medelvärdena för felen i de olika matrisdelarna blev 26, 13 resp 54 %. Den genomsnittliga relativa avvikelserna är således mycket hög för tvärpendlingen. Extremt stora relativa skillnader förekommer också för tvärpendlingen. I 35 celler är skillnaden större än 100 % och i 3 celler större än 200 %. I 40 % av cellerna där tvärpendling förekommer är skillnaderna större än 50 %.

Om regionen delas in i enbart fem områden erhålls relativa fel enligt tabell 2. I den vänstra matrisen redovisas värden enbart i de celler där den beräknade pendlingen är större än den uppmätta och i de högre värdena där den beräknade är mindre än den uppmätta.

Tabell 2 Relativa fel på fem-områdesnivå, %.

	I	NO	NV	SO	SV
I	1		1		4
NO	0		30	40	30
NV		23		77	49
SO		20	80		6
SV	4	12	72		

beräknat större än  
verkligt

	I	NO	NV	SO	SV
I		5		1	
NO		6			
NV	3		26		
SO	2			6	
SV				3	8

beräknat mindre än  
verkligt

I dessa matriser ser man tydligt gravitationsmodellens oförmåga att beskriva tvärpendlingen. Inom alla sektorer utom innerstaden ger modellen för låga värden medan däremot pendlingen mellan sektorer överskattas. Särskilt stort blir felet när det gäller pendlingen mellan norr och söder. För pendlingen till, från och inom Stockholms innerstad ger modellen ganska stor överensstämmelse.

Sammanfattningsvis kan således konstateras att modellen ger mycket stora fel redan vid anpassningen till ett givet observationsmaterial. Särskilt stort är felet för tvärpendlingen. Dessa stora fel kvarstår även vid grova områdesindelningar där ju felen bör tendera att ta ut varandra. Eftersom anpassningen till ett datamaterial ger stora fel kan naturligtvis radikalt större fel misstänkas när modellen används i en prognossituation. Värdet för prognoser avgörs av hur väl modellerna speglar de verkliga sambanden, en fråga som behandlats i tidigare kapitel.



### 6.3 Jämförelse mellan fyra modellers prognosförmåga

I en studie av Snickars och Weibull i Stockholm (8) jämförs fyra olika modellers prognosförmåga. Jämförelsen görs genom att studera de vägda relativa felen för modeller kalibrerade med data för 1965 applicerade på situationen för 1968 resp 1970. Att väga det relativa felet innebär att storleken på relativfelet vägs med observationens andel av det totala verkliga flödet, d v s så att felen i cellvärden med litet verkligt flöde får liten vikt och felen i cellvärden med stort flöde får stor vikt.

Den första modellen är den s k oberoende-modellen (A). I oberoende modellen antas antalet resor mellan två områden vara  $1/n^2$  om  $n$ =antalet områden, d v s fullständigt oberoende av transportsystemet.

Den andra modellen är den s k klassiska gravitationsmodellen (B). (För en formelmässig representation, se referens 8, ekv 29-31).

Den tredje modellen är den s k Cross-Fratar modellen (C) eller tillväxtfaktormodellen, där resmönstret för tidigare period bildar utgångspunkt för prognosen. Denna klassiska trafikplaneringsmodell är mer generell än gravitationsmodellen.

Den fjärde modellen - utvecklad av Snickars och Weibull - är den s k nya gravitationsmodellen (D) vilken bygger på informationsteoretiska överväganden. Metoden innebär en utvidgning av de s k entropimodellerna och benämns av författarna för en "minimum information principle"<sup>1)</sup>. Jämfört med den klassiska gravitationsmodellen utgår man i denna modell från det a priori kända resmönstret och från data om trafiksystemet.

Resultatet av jämförelsen visas i tabell 3.

Tabell 3 Jämförelse av prognosförmåga hos olika modellvarianter. Vägt relativfel i procent.

Databas	Modell			
	A	B	C	D
Stor-Sthlm 1965-68	57	33	9	6
AB-län 1965-70	77	21	7	7
Dito, alt restider	-	61	-	6

1) Metoden går också under benämningen EIA-metoden, vilket står för Efficient-Information Adding.

Cross-Fratar-modellen (C) är klart överlägsen den klassiska gravitationsmodellen (B). Felen är ca 3-4 gånger lägre. Både för en 3- och en 5-årsperiod ger således en direkt framskrivning av 1965 års resmönster bättre resultat än gravitationsmodellen som tar hänsyn till restidsdata. EIA-modellen (D) är endast marginellt bättre än Cross-Fratar modellen för dessa data. Skillnaden i vägda relativfel är endast 3 procentenheter.

Exemplet med alternativa restider visar att gravitationsmodellen är extremt känslig för antaganden om restider mellan zoner.

Slutsatsen av denna jämförelse blir att den klassiska gravitationsmodellen är avsevärt sämre som prognosmodell för det hittillsvarande resmönstret i Stockholmsregionen än modeller som baserar sig på tidigare resmönster.

Detta gäller trots att det har skett kraftiga förändringar i transportnätet mellan 1965 och 1970. Resultaten indikerar att pendlingsmönstret inte huvudsakligen formas av enkla tidsskillnader mellan områdena utan i stället av andra förhållanden som påverkar arbetsmarknaden.

#### Karlstad

En ytterligare jämförande studie är Statens Vägverks studie av trafikprognosmetoder i Karlstad 1970-72. Studien gällde en jämförelse av resultaten som erhöles med olika varianter av konventionella modeller.

Bl a prövades effekterna av en specificerad avsevärd förbättring i kollektivtrafiken jämfört med en begränsning av antalet parkeringsplatser vid en prognos av färdmedelsfördelningen för år 1985. Beräkningarna utfördes parallellt av två konsulter och gav som resultat att den ene konsulten beräknade att kollektivtrafikförbättringarna gav störst ökning av bussandelen, medan den andra beräknade att parkeringsrestriktionerna hade störst effekt (se tabell 4).

Tabell 4 Antal bussresor av totala resandet i Karlstad.

Åtgärd	Bussresor %	
	Konsult I	Konsult II
1971	12	12
I-85	9,5	10,5
II-85	12	15
III-85	19	12

- 1971: bussandel vid undersökningstillfället  
I-85: ungefär samma trafikstandard som 1971  
II-85: avsevärt förbättrad kollektivtrafikstandard (bl a 30 % kortare restid)  
III-85: samma kollektivtrafikstandard som 1971 men antalet bilplatser i centrum reduceras från 6000 till 4000.

De använda prognosmodellerna kunde alltså inte ge samstämmiga svar på vilket handlingsalternativ som var effektivast. Kommunens val av handlingsstrategi hade helt godtyckligt kommit att avgöras av vilken beräkningsmetodik som tillämpats. De stora skillnaderna i resultaten beror bl a på att de konventionella modellerna inte innehåller estimerade förklaringsvariabler för den typ av frågeställningar som här var aktuella, d v s modellerna i sig var olämpliga.

#### 6.4 Tillämpningar av logitmodeller i Stockholm

Hittills berörda exempel har behandlat resultat från konventionella modeller. Logitmodellen har hittills framför allt tillämpats i stor skala i Stockholmsregionen (för färdmedelsval). Resultaten från dessa tillämpningar (som var mycket goda) presenteras i en särskild seminariepromemoria och berörs därför inte här.

## 7 SAMMANFATTNING

Den idag mest använda modelltypen är den konventionella s k fyrstegsmodellen. Vi har kunnat konstatera att modellen inte uppfyller de teoretiska krav som kan ställas upp för trafikberäkningsmodeller. Kalibrering av modellen medför ett ineffektivt användande av stora datamängder. Modellen är tidsödande och dyrbar att använda och den är okänslig för de flesta trafikpolicyfrågorna. Den största nackdelen är att modellsystemet i sig är inkonsistent uppbyggt. Som väntat visar det sig också att felen blir stora vid empiriska tillämpningar.

De simultana transportmodellerna har löst problemet att integrera minst tre av de fyra stegen i en enda modell<sup>1)</sup>. Moderna varianter tar även hänsyn till transportutbudet och är därmed att betrakta som transportmarknadsmodeller. De tillämpas både utomlands och på olika håll i Sverige. De största problemen med modelltypen hänger samman med att modellerna är aggregerade vilket ofta givit upphov till statistiska problem vid modellestimeringen.

Individbaserade logitmodeller har utvecklats sedan mitten av 60-talet såväl internationellt som i Sverige. Modeller för färdmedelsval har i Sverige hittills (dec -77) utvecklats i Stockholm, Uppsala, Västerås, Lund, Norrköping och Malmö. Simultana modeller för färdmedels- och färdmålsval har utvecklats i Västerås. Modeller för färdmedelsval och val av överfartsställe har använts i Öresundsbroutredningen. Även modeller för vägval har utvecklats (Malmö/Lund).

De individbaserade modellerna har en god teoretisk uppbyggnad och de ger i allmänhet goda statistiska resultat vid estimeringen.

De empiriska tillämpningar som hittills kunnat utvärderas har givit mycket tillfredsställande resultat. Den fortsatta utvecklingen av dessa modelltyper mot allt mer heltäckande modellsystem är också snabb internationellt.

1) I ett pågående FOU-projekt vid University of Montreal har man även integrerat det fjärde modellsteget - nätutläggning - i en simultan modell och på så sätt säkrat fullständig konsistens (EMMA=Equilibrium Multi Modal Assignment (9)):

## 8 DISKUSSIONSREFERAT

Göran Tegnér definierade ett antal krav som borde ställas på trafikberäkningsmodeller och menade att den klassiska gravitationsmodellen inte uppfyllde något av kraven, vilket vållade livlig diskussion. Speciellt restes följande frågor:

- Finns det exempel där någon "ekonometrisk modell" visats ge bättre resultat än någon "gravitationsmodell"? Det svar som kunde ges var att de förra modellerna är relativt nya och att jämförande test därför inte har kunnat göras.
- Vid användning av modellen TRAMA är resultatet i hög grad beroende på områdesindelningen. Göran Tegnér framhöll att detta som regel saknar betydelse.
- Eftersom "gravitationsmodeller" explicit beaktar lokalisering, är det då inte sannolikt att de ger bättre resultat än t ex ekonometriska modeller i mindre orter och i glesbygd? Göran Tegnér accepterade inte heller denna slutsats.
- Vore det inte lämpligt att komplettera de "ekonometriska" modellerna med en lokaliseringsmodell t ex av typ Lowry-modellen?

## LITTERATURFÖRTECKNING

- 1 OECD, Urban traffic models: possibilities for simplification. A report prepared by an OECD road research group, OECD, 1974
- 2 Ben Akiva, M E, Structure of passenger travel demand models. Ph.D.thesis M.I.T.dept of Civil Engineering, 1973
- 3 Wilson, A G, Entropy in urban and regional modelling. Pion Ltd, London, 1970
- 4 Hansen, S, A survey of traffic models with emphasis on behavioural assumptions. Proceedings of an international seminar on "Theoretical models for fixed scheduled and demand activated bus routing in urban areas". Linköping University, Sweden, May 28th-30th, 1973
- 5 Stopher, P R, Meyburg, A H, Travel demand estimation: a new prescription. Traffic Engineering and Control, Nov 1974
- 6 Atkins, S T, Transportation planning: is there a road ahead? Traffic Engineering and Control, Febr 1977
- 7 Alonso, W, Predicting best with imperfect data.
- 8 Snickars, F, Weibull, J, A minimum information principle. Regional Science and Urban Economics 7, 1977
- 9 Florian et al, EMME: A planning method for multi-modal urban transportation systems. Universitetet i Montreal, publikation 62, mars 1977



DEL III

ANGELÄGENHETSGRAD OCH INRIKTNING

FÖR FOU OM TRAFIKBERÄKNINGSMODELLER



## DEBATTINLÄGG OCH DISKUSSIONSREFERAT

- 1 INLEDNING
- 2 SYNPUNKTER PÅ FORTSATT FORSKNING KRING MO-  
DELLER FÖR BERÄKNING AV TRAFIKMÄNGDER  
Eric Read
- 3 ANGELÄGEN FOU INOM TRAFIKBERÄKNINGSOMRÅDET  
Göran Tegnér
- 4 TRAFIKBERÄKNINGSMODELLER - TRAFIKFORSKNING.  
SYNPUNKTER PÅ PRIORITERING  
Tage Wiklund
- 5 FORSKNING OM TRAFIKBERÄKNINGSMODELLER SOM  
DEL I DEN TOTALA TRAFIKFORSKNINGEN  
Stellan Lundberg
- 6 DISKUSSION KRING ANGELÄGENHETSGRAD OCH IN-  
RIKTNING FÖR FOU OM TRAFIKBERÄKNINGSMODEL-  
LER

## 1 INLEDNING

Under seminariets del III var avsikten att dels vissa förberedda debattinlägg skulle göras, dels en diskussion skulle följa kring temat "Jämförelse med konventionella trafikberäkningsmodeller. Angelägenhetsgrad och inriktning för FoU om ekonometriska modeller".

I följande avsnitt redovisas de förberedda inläggen utan kommentarer. Dessa görs i stället i anslutning till punkt 6 under vilken redovisas ett referat av den efterföljande diskussionen kring temat "Angelägenhetsgrad och inriktning för FoU om trafikberäkningsmodeller".

2 SYNPKTER PÅ FORTSATT FORSKNING KRING MO-  
DELLER FÖR BERÄKNING AV TRAFIKMÄNGDER

Eric Read

Synpunkterna på fortsatt forskning är här begränsade till modeller för beräkning av trafikmängder.

För den fortsatta forskningen måste det vara ett önskemål att den ges en inriktning som i möjligaste mån tillgodoser de behov av planerings- och beräkningsmodeller som kan komma att finnas i framtiden.

Allmänt kan man nog konstatera att den period med mycket kraftig trafikökning vi haft fram till mitten av 70-talet nu är över. Trafiken fortsätter kanske att öka, men inte så mycket att uppmärksamheten i planeringen koncentreras så mycket kring just detta problem som hittills.

Huvudproblemen blir i stället att bedöma vilka färdmedel som utnyttjas, vilka färdmål som väljs och hur resandet konkurrerar med andra aktiviteter vid olika resursramar för individen och samhället.

Framtida konjunkturförändringar kan resultera i att levnadsstandarden kommer att variera kraftigt. Energi-  
brist kan innebära att restriktioner läggs på speciellt privatbilismen. Många olika typer av restriktioner kommer nog att prövas i framtiden och planeraren får problem att i förväg bedöma konsekvenserna av olika restriktioner.

Dessa synpunkter och många andra talar för att de typer av modeller som planeraren kommer att behöva skall kunna användas för att bedöma hur transportefterfrågan förskjuts mellan olika transportsätt, hur transportererna skall planeras för att på bästa sätt tillgodoses vid exempelvis begränsad energitillgång.

För detta behövs, som hittills, modeller som simulerar beteendet då förändringar sker i samhället. Kravet på att modellerna skall ge utslag för små förändringar i olika parametrar blir emellertid större. Kravet på att få fram resultaten snabbt så att plötsliga resursförändringar kan mötas genom planeringsåtgärder blir också större.

Idag används i praktiken två typer av modeller - "mängdberäkningsmodeller" och "standardbeskrivningsmodeller". De senare används också för beräkning av val av färd-sätt. Mängdberäkningsmodellerna har beskrivits närmare i jämförelsen mellan konventionella och ekonomiska modeller<sup>1)</sup>.

1) BFR-Statens Vägverk, seminarium om trafikberäkningsmodeller.

Nuläget karakteriseras i stort av en förvirring i fråga om olika mängdberäkningsmodellers användbarhet. Men man kan samtidigt konstatera att modellerna har använts och används i mycket stor omfattning. Med hänsyn till att det framtida behovet av beräkningsmetoder inte i så stor utsträckning (bortsett från u-länderna) gäller beräkning av kraftigt växande trafik är det inte så viktigt att sträva efter att utveckla nya mängdberäkningsmodeller.

En önskvärd forskningsinsats är i stället att skapa klarhet i nuläget för att om möjligt skingra den rådande förvirringen:

- (1) Befintliga beräkningsmodeller bör beskrivas så att deras användningsområden klarläggs. Förbättringar bör kunna göras i de modeller som används för närvarande.

När detta gjorts har man förhoppningsvis ett gemensamt utgångsläge för beräkning av trafikmängder i stort.

Standardbeskrivningsmodeller behövs för att bedöma hur förändringar i befintliga transportsystem påverkar val av färd sätt och målområden. Kravet på dessa modeller är att de vid måttliga förändringar i transportstandard, kostnad etc skall kunna beskriva hur kända trafikströmmar förändras.

Modeller av detta slag måste bygga på relativt detaljerade kunskaper om hur individer reagerar på olika yttre faktorer. För att sammanväga reaktionerna av många olika faktorer och få fram ett sannolikt beteende vid val har hittills logitmodellen använts.

Logitmodellen har många svagheter och det måste därför ifrågasättas om den är lämplig i alla sammanhang som den nu används. Orsaken till att logitmodellen fått så stor användning torde främst vara att den är lätt att använda rent matematiskt.

Den stora frågan är om man överhuvud taget måste använda sig av traditionella matematiska modeller. De matematiska modellerna innebär att individernas beteenden mer eller mindre måste formas om vid beräkningarna så att det går att utnyttja med matematiska metoder som är enkla och vedertagna. I stället vore det önskvärt att använda metoder som mer direkt, utan matematiskt mellansteg, arbetar med individernas beteende. Ett steg i den riktningen skulle kunna tas om man i stället arbetade med simuleringsmodeller.

Med ledning av intervjuundersökningar är det möjligt att få kännedom om hur individer prioriterar olika alternativ och hur valet påverkas av olika faktorer.



Med hjälp av en dator kan man på grundval av ett begränsat intervjumaterial simulera intervjusvar för större mängder individer. De simulerade svaren skulle sedan kunna analyseras och det aggregerade beteendet enkelt kunna beräknas. Man skulle då troligen inte behöva inordna individbeteende i strikta matematiska modeller. Dessutom skulle man få möjlighet till detaljerade analyser.

Det kan därför vara angeläget att forskning också inriktas på följande insats:

- (2) Att utveckla en simuleringsmodell för individers resmönster. Modellen skall syfta till att i möjligaste mån frigöra beräkningarna från styrande matematiska uttryck. Modellen skall ta hänsyn till ett mycket stort antal faktorer som påverkar beteendet.

För en forskningsinsats av detta slag krävs också kännedom om människors beteende i valsituationer. Av vad som framgår av trafikteknisk och ekonomisk litteratur förefaller dessa kunskaper vara otillfredsställande, åtminstone bland trafiktekniker och ekonomer. Det är därför angeläget att människors beteende i valsituationer då en resa skall företas också studeras.

Ovanstående synpunkter ger en allmän inriktning på två huvudproblem: beräkningsmodeller och standardbeskrivningsmodeller (val av färdssätt). De två problemen är emellertid inte fristående och de kan inte ges tillfredsställande lösningar oberoende av varandra. Den viktigaste kopplingen mellan dem är transportefterfrågan.

Metoder att beräkna hur transportefterfrågan påverkas av ekonomiska, sociala och andra faktorer är för närvarande dåligt utvecklade. (Man vet exempelvis inte hur biltäthet och bensinpris påverkar bilanvändandet).

De grundläggande faktorerna som påverkar transportefterfrågan kan nog klarläggas fristående. Däremot måste metoden att beräkna den totala transportefterfrågan ingå både i beräkningsmodellerna och beskrivningsmodellerna.

En tredje forskningsinsats skulle då kunna vara:

- (3) Att klarlägga de olika faktorer som påverkar transportefterfrågan med syfte att de skall kunna integreras i beräknings- och beskrivningsmodellerna.

Inom ramen för de ovan nämnda tre punkterna kan ett antal punktinsatser urskiljas. Viktiga sådana är:

- att få fram en enkel beskrivning av olika beräkningsmodeller, deras användningsområden och begränsningar,
- att utveckla en metod att beräkna den samlade tillgängligheten mellan två områden då flera färdsätt finns,
- att närmare studera människors beteende i valsituationer för att ge underlag för en simuleringsmodell för val mellan transportsätt och mellan att resa och inte resa,
- att utveckla en simuleringsmodell för valsituationer,
- att klarlägga faktorer som påverkar transportefterfrågan,
- med hänsyn till eventuellt kommande energikriser kan det vara av intresse att analysera vad som skulle kunna betraktas som minsta transportbehov (för överlevnad) för olika standardnivåer och i olika samhällsstrukturer).

Göran Tegnér  
Staffan Widlert

"Om inte problembeskrivning och modellformulering upplevs som relevant av de grupper av människor som är direkt berörda av planeringen, finns det stor risk för att modellbyggandet hamnar helt utanför beslutsprocessen. Sålunda har t ex trafikplaneringen under lång tid varit koncentrerad på frågor om trafikflöden, tidsvinster för trafikanterna, teknisk utformning etc. Modeller har konstruerats för att analysera trafikgenerering, fördelning på trafikmedel och vägval och nyttokostnadsberäkningar av alternativa projekt. Beslutsproblemet har emellertid i praktiken ofta kommit att handla i huvudsak om någonting annat, nämligen om hur man löser de lokala konflikterna som uppstår. En planerad väg väcker motstånd hos människor som tvingas lämna mark där vägen skall fram och hos omkringboende som kommer att bli störda av buller och avgaser. Det är uppenbart att modellbyggaren löper risk att bli förpassad till åskådarplats om han inte ständigt är uppmärksam på relevansen i de variabler och samband han använder i sina modeller".

(A Karlqvist, sekr i samarbetskommittén för långsiktigt motiverad forskning; i Forskning och samhällsbyggnad, BFR rapport R26:1975)

#### VÄSENTLIGA PROBLEMMOMRÅDEN

Planeringsproblemen kan delas upp i ett flertal olika avseenden. En indelning som är av betydelse i detta sammanhang är efter tidshorisont:

- Strategiska långsiktiga strukturproblem:  
På lång sikt är bebyggelsemönster och markanvändning ej opåverkligt och ej låst av dagens struktur utan beror tvärtom bl a på val av trafiksystem och trafikering. Därför gäller problemet på lång sikt att samordna trafik- och bebyggelseplaneringen. Dessa problem ligger närmast på en översiktlig nivå (länsplanering, regionplanering, kommunala översiktsplaner såsom kommunplaner/generalplaner). Aktuella frågeställningar kan vara t ex samband mellan tillgänglighet och bebyggelsemönster, samband mellan markanvändning och trafik, samband mellan bebyggelsemönster, transportsystem och energianvändning.
- Taktiska, medelsiktiga problem:  
På medellång sikt kan bebyggelsemönster och markanvändning i stora drag antas givna utifrån utgångsstrukturen. Problemet gäller närmast att utforma (bygga, sanera o d) enskilda länkar och knutpunkter i ett trafiknät. (Investeringspolitik). Aktuell

frågeställning är således att utvärdera alternativa planer i sociala, ekonomiska och fysiska dimensioner.

- Detaljerade, kortsiktiga problem:  
På kort sikt kan varken bebyggelsemönster eller trafiknät förändras. Problemet gäller närmast att påverka och förändra utnyttjandet av existerande trafiknät. Medlen för en sådan trafikpolitik är av typen taxepolitik, trafikstandardhöjande åtgärder samt regleringar av gatuutnyttjandet i olika former.

#### VARFÖR PROGNOSEMODELLER?

Efter att ha strukturerat problemområdena enligt ovan kan det vara nyttigt att fråga sig varför vi överhuvud taget behöver prognosmodeller.

Om vi utgår från att planering är ett medel att påverka en framtida utveckling kan följande "ambitionskedja" byggas upp och bli en illustration av planeringsprocessen<sup>1)</sup>.

observera → mäta → beskriva → förklara → förutse → påverka

För att styra mot uppställda mål behöver man i princip kunna förutsäga, för att förutsäga måste man förstå orsakssambanden, för att förklara måste man kunna mäta och beskriva fakta osv. Kvaliteten på resultatet av planeringen bestäms av den svagaste länken i denna kedja. För att kunna genomföra hela kedjan från observation till påverkan krävs:

- mätmetoder
- data
- teori
- prognosteknik
- metodik och mål-medelanalys

Modellerna kommer då in i flera steg. De kan användas för att beskriva förhållanden (t ex standardbeskrivning), för att förklara orsakssamband och för att förutse effekter av åtgärder.

I denna sammanfattning ska vi enbart behandla forskningsbehov i samband med olika typer av prognosmodeller för de tre problemtyperna. För en mer allmän diskussion av forskningsområden med anknytning till dessa problemtyper hänvisas till BFRs T-skrift "Trafik och bebyggelse", sid 68-87, från BFRs arbetsgrupp för trafikforskning.

- 1) Källa: BFR "samhällsplaneringsforskning"
- 2) Trafik och bebyggelse, förslag till forskningsprogram, BFR, jan -77, T22:1977

Det är uppenbart att så pass olika problemtyper som de ovan angivna fordrar olika prognosmetoder, där var och en av dessa metoder är speciellt anpassad för det relevanta problemområdet.

### ANGELÄGEN FORSKNING

För att underlätta diskussionen av angelägen forskning om trafikmodeller, kan den inledningsvis gjorda struktureringen av problemområden efter tidshorisont kompletteras med en indelning efter problemets detaljeringsgrad.

På den mest detaljerade nivån gäller problemet de ensstaka väglänkarna/bandelarna, en viss knutpunkt eller terminalanläggnings utformning och utnyttjande.

Andra problem omfattar delar av kommunen, t ex trafiksaneringsområden, parkeringszoner, medan återigen andra problem gäller hela den kommunala och regionala strukturen och dess trafiksystem (och samspel med andra "system") i dess helhet.

De olika huvudtyper av trafikprognosmodeller för vilka angelägen forskning fortsättningsvis kommer att diskuteras kan därmed inordnas i följande schema efter huvudsakliga befintliga eller lämpliga tillämpningsområden:

tidshorisont de- talje- ringsgrad	kort sikt - 5 år	medellång sikt 5-10 år	lång sikt 10 år -
ensstaka länkar och knutpunkter	←←←	konventionella modeller, typ 4-steps modell	→
kommundelar	↑	individsbaserade modeller, typ logitmodeller	↘
regiondelar	↓	↓	↑ aggregerande simultana transportmodeller

där — betecknar befintliga tillämpningsriktningar  
och - - betecknar möjliga tillämpningsområden  
med X har markerats att ingen metod (f n) äger tillämpning på lång sikt och på maximal detaljeringsnivå.  
Detta beror på genuin prognososäkerhet.



### KONVENTIONELLA MODELLER

Den traditionella s k "fyrstegsmodellen" är den enda modelltyp som idag är i allmänt bruk. Fyrstegsmodellen konstruerades ursprungligen för att besvara frågor av typen: hur skall man dimensionera ett vägnät vid en viss given (men antagen, framtida) markanvändning och vilken blir belastningen på enstaka väglänkar.

Som diskuterades i en annan seminariesammanfattning (1) är modellen behäftad med en del inneboende brister och nackdelar. Utförd forskning och praktiska tillämpningar har också påvisat att även enstaka steg i modellen ger upphov till stora fel (2, 3). Modellernas teoretiska brister och de påvisade felens storlek ger upphov till frågetecken inför deras praktiska tillämpning.

Eftersom modellerna används allmänt är det angeläget att ytterligare studera osäkerheterna i modellerna för att därigenom kunna avgränsa de tillämpningsområden för vilka modellfelen är acceptabla.

### INDIVIDBASERADE MODELLER

Den i Sverige mest använda individbaserade modellen är den s k logitmodellen, men även probit- och diskriminantmodeller har ibland kommit till användning. De kan användas för olika detaljeringsgrader och framför allt för att behandla relativt kortsiktiga problem.

De individbaserade modellerna beskriver, förklarar och förutser hur individer beter sig (väljer) när de har ett antal möjliga, olika, handlingsalternativ. De val som är aktuella i detta sammanhang är val av:

- bostad och arbetsplats
- bilinnehav
- resfrekvens för olika ändamål
- destination för olika resor
- tidpunkt på dagen för olika resor
- färdväg
- färdväg

De två första punkterna illustrerar mer långsiktiga val som individerna gör, medan de övriga sker med ett kortare tidsperspektiv. Olika val kan tänkas ske samtidigt (simultant), eller i en viss ordning (sekvensiellt).

I Sverige utförda studier har behandlat valet av färdmedel vid arbetsresor, valet av färdmedel och färdmål vid inköpsresor samt valet av färdväg. De goda resultaten från dessa studier gör det till en angelägen forskningsuppgift att även behandla övriga resändamål (service, rekreation samt även reskedjeproblematiken). Erhållna resultat har bl a indikerat att standardfak-



torer som t ex sittplats och bytesstandard kan ha mycket stor inverkan på individernas beteende. Ytterligare forskning med speciell inriktning på sådana komponenter är därför motiverad.

Hittills har endast relativt enkla restyper studerats (bostadsbaserade inköpsresor, arbetsresor utan extra uppehåll). Det är därför angeläget att även innefatta mer komplexa kedjetyper i modellbehandlingen, t ex inköpsresor under lunch och på väg till och från arbete.

Av olika skäl har intresset huvudsakligen varit koncentrerat till individer med tillgång till bil. Ett nästa steg (som delvis redan påbörjats) är att även ta med individer utan tillgång till bil samt att lägga ännu större vikt vid att med modellerna behandla även andra socioekonomiska skillnader mellan individerna på ett riktigt sätt.

Utöver dessa mer empiriskt inriktade forskningsbehov finns behov av teoretiskt inriktad forskning (vilken delvis pågår på andra håll i världen och därför ej med nödvändighet behöver ske i Sverige). Denna forskning kan gälla helt nya modelltyper eller vidareutveckling av befintliga modeller, överensstämmelse mellan modellantaganden och individers beteende, indirekt estimering av simultana beslutsprocesser etc.

#### AGGREGERADE SIMULTANA TRANSPORTMODELLER

Aggregerade simultana transportmodeller har kommit till användning i ett fåtal svenska forskningsprojekt. I det s k TRANSLOK-projektet besvaras följande planeringsproblem:

vilken är den lämpligaste lokaliseringen av bostäder, arbetsplatser och utbyggnader av trafiksystemet med hänsyn till regionala och lokala målsättningar beträffande bl a tillgänglighet, bebyggelseäthet osv och vid en viss förväntad utveckling beträffande totala regionala ramar för befolkning, produktion, arbetskraft, mark och resurser för trafiksystemen.

Syftet är att ge underlag för val av "bästa" utbyggnadsstrategi för bebyggelse- och trafikprojekt. Trafikmodellen i systemet är den s k TRAMA-modellen som är en transportmarknadsmodell för arbetsresor i storstadsregioner. Modellen innehåller till skillnad från enkla efterfrågemodeller även en utbudsrelation (transportsystemets egenskaper). Resefterfrågan antas vara elastisk och beroende av trafiksystemets egenskaper. Försök har även gjorts att estimeras modeller av denna typ för andra resor än arbetsresor.

Aggregerade simultana transportmodeller är framför allt anpassade till problem på regional och nationell nivå. En tänkbar utveckling är att även anpassa modellerna för användning på kommunalnivå. De kan med fördel även användas för långsiktiga planeringsproblem.

Eftersom förflyttningsmönstret på t ex nationell nivå är mycket dåligt kartlagt och knappast alls belyst med analytiska metoder så är forskningsbehoven på områden där dessa modeller kan användas mycket stora.

En mellanform mellan aggregerade simultana modeller och tidigare beskrivna modeller är de jämviktsmodeller som utvecklats i Kanada. (EMMA-modellen = Equilibrium-Multi-Modal-Assignment). Modellsystemet kan lösa de fyra stegen i fyrstegsmodellen samtidigt (simultant) och använder inom sig redan befintliga modeller, t ex logitmodeller eller directdemandmodeller. Detta modellsystem förefaller att erbjuda möjligheter att redan på kort sikt förbättra trafikprognosmetodiken avsevärt. Forskningsbehoven gäller dels att anpassa modellsystemet till svenska förhållanden och för i Sverige använda modeller, dels att succesivt ytterligare förfina olika komponenter i systemet och sist - men inte minst - empiriskt validera och testa hela detta modellsystem.

#### FORSKNING UTAN DIREKT ANKNYTNING TILL VISS MODELLTYP

Ett angeläget forskningsarbete som bör bedrivas parallellt med ovan skisserade modellutveckling är att studera hur väl de erhållna modellerna beskriver verkligheten på olika orter och under olika förhållanden samt hur väl de fungerar i en prognossituation. Detta kan göras som före-efter studier när olika relevanta åtgärder vidtas. Jämförelser bör även göras på detta sätt mellan olika modelltyper.

Allmänt behövs forskning om hur individernas beslutsprocess ser ut när flera val är inblandade. Vi vet idag mycket litet om vilka val som bör beskrivas med en simultan modellstruktur och vilka som kan beskrivas med en sekvensiell. Kunskaperna är också bristfälliga om hur stora fel som uppstår när en "felaktig" modellstruktur används.

4 TRAFIKBERÄKNINGSMODELLER - TRAFIKFORSKNING,  
SYNPUNKTER PÅ PRIORITERING

Tage Wiklund

"It was generally agreed that, although we need a more explicit and comprehensive conceptual approach to our understanding of travel, we require the converse in model development: namely, a range of models to tackle different problems, rather than one all-purpose mega-model."

(Ur rapport från engelsk forskarkonferens, 1976)

DEFINITION OCH AVGRÄNSNING AV TRAFIKSEKTORN INOM  
FORSKNING OCH PLANERING

Det finns tunga argument både för och mot en uppdelning av samhällsplaneringens olika nivåer i avgränsade sektorer - bostäder, sjukvård, trafik, utbildning osv. Att sektorplanering är ofrånkomlig och fruktbar i många sammanhang är väl knappast på allvar ifrågasatt. Men hur avgränsningen av sektorer skall göras och hur kopplingarna mellan dem skall beaktas är problem som vi nog får räkna med att ständigt brottas med.

Trafik är en funktion i samhället som har egenskaper som gör den särskilt svårhanterlig då den avgränsas från sitt större sammanhang. Förflyttning av människor och gods är medel i produktions- och konsumtionsprocessen, som får sin egentliga mening först i sitt sammanhang med de aktiviteter som föranleder förflyttningen. Trafikens "dynamiska" karaktär försvårar dessutom geografiskt och organisatoriskt relevanta avgränsningar i hanteringen av trafikfrågor. Ansvarsfördelningen för vägfrågor mellan kommunal, regional och nationell nivå kan räcka som illustration av dilemmat. Regionbegreppet är ju för övrigt konstituerat av just trafikfunktionen men i annan sektorplanering uppfattas den regionala nivån kanske mest som en "onödig" komplikation.

Länge har transportsystemet betraktats som ett tekniskt försörjningssystem i likhet med vatten-, el- och avloppssystemen. Frågor om dimensioner och teknisk standard på "ledningarna" har dominerat trafikplaneringen. När så småningom framväxten av ett mycket utrymmeskrävande individuellt transportsystem (bilismen) och koncentration i aktiviteter och boende (urbaniseringen) råkade i alltmer uppenbar konflikt, vars lösning skulle kräva en orimlig andel av samhällets resurser (mark och kapital bl a), har nya aspekter på trafiken och ett vidgat synsätt på dess funktioner tvingats fram. Den ambitiösa trafikplaneringen sysslar idag dels med det egentliga och positiva syftet med trafiksystemet, nämligen att skapa tillgänglighet, dels med de negativa icke avsedda effekterna av trafiken - buller, olyckor, avskärmning m m. I samklang med allmänna politiska

ambitioner tas också fördelningsaspekter upp, både vad gäller positiva och negativa effekter av trafiksystemet.

Nu efteråt kan man säkert med fog hävda att många av dagens s k trafik- och miljöproblem hade kunnat undvikas om trafikfrågorna definierats mindre snävt och trafikplaneringen bedrivits med bredare kompetens. En ganska radikal vidgning av trafiksektorn vore ur vissa aspekter önskvärd, men kan vara problematisk bl a med hänsyn till de organisatoriska strukturer som är etablerade inom planering och forskning.

#### SYNSÄTT OCH MODELLER

Överfört till forskningen och dess relation till planeringen tror jag att det dilemma jag inledningsvis diskuterat bl a kan konkretiseras i sambandet mellan ett övergripande synsätt (ung engelskans framework) och modeller/modellsystem för avgränsade problem.

Det har gjorts (och görs?) försök att ta sig förbi det problemet genom att ta in "alla" relevanta faktorer i en gigantisk modell. De försöken har hittills lyckligtvis kapsejsat och uppfattningen att vi bör sträva efter ganska enkla, robusta modeller för väl avgränsade frågor har väl nu övertaget. Men då blir det viktigt att formulera och redovisa den "helhetssyn" de partiella modellerna utgår ifrån. Här framstår situationen just nu som lätt kaotisk. Om ensidigheten under 50- och 60-talen varit besvärande (fyrstegsmodellen med analogier till gravitationslagen som viktig ingrediens) har nu mångfalden i synsätt och modellansatser blivit ett hot. Bl a har förvirringen medfört att fyrstegsmodellen i stort sett kan sitta i orubbat bo och åtskilligt av de knappa FoU-resurser som finns, främst personellt, satsas på "utveckling" av den, fast knappast någon tror på dess framtid.

Den stamtavla, som brukar redovisas för nykomlingarna bland trafikmodeller, är för övrigt inte mycket av vad jag menar med synsätt. "Individbaserad", "ekonometrisk", "beteendemodell" för att inte tala om "logitmodell" är ju bara antingen reklamfloskler eller internbegrepp bland forskare som inte gör den oinvigde planeraren klokare.

Det är ytterligt angeläget att samla ihop trafikforskningen under ett fåtal huvudrubriker och se till att redan uppnådda och kommande resultat i modellväg förs ut till den praktiska planeringen på ett sätt som gör det möjligt att överblicka valmöjligheterna. Jag är inte ute efter HELHETSSYNNEN, men någon form av auktorisation verkar nödvändig om vi ska få fram alternativ och komplement till de etablerade synsätt och modeller som inte räcker för dagens planeringsproblem.



Jag vill nämna två helhetssyner som det borde vara möjligt att få uppslutning bakom.

Sedan länge finns insikten om ett ömsesidigt samband mellan markanvändning, det ekonomiska systemet och transportsystemet. Det finns också en del studier av grunddragen i dessa samband. Möjligen är transportsystemet trots allt det bäst utforskade av komponenterna. (TRANSLOK är samlingsnamn för ett "nordiskt" modellsystem med detta övergripande synsätt). När det gäller transporterens betydelse mer direkt och detaljerat för människors förutsättningar att fungera i samhällssystemet är det tidsgeografiska synsättet fruktbart. Även här är det kanske andra led än själva transportererna som är mest angelägna att utforska. (De för trafikplaneringen mest lovande ansatserna efter dessa linjer tycker jag att TSU, Oxford University står för, med sitt projekt Travel behaviour using a human activity framework).

#### RESBETEENDE OCH ANNAT BETEENDE

Om resandet betraktas som ett medel för människors deltagande i aktiviteter på olika platser vid olika tider, verkar det logiskt att analys av beslutsfattande och beteende primärt knyts till aktivitetsbeteendet och de byten av aktiviteter som ibland förorsakar längre eller kortare förflyttningar.

Det är uppenbart att omständigheterna kring aktivitetsvalen i stor utsträckning påverkar resbeteendet och exkluderar många av de valmöjligheter som brukar tillskrivas detta. I och för sig är det möjligt att ta hänsyn till det genom att utöka listan över faktorer som påverkar resbeteendet, men det framstår som en ofta onödig och föga pedagogisk omväg.

Några exempel på förutsättningar för resbeteendet som brukar tillämpas men som är högst diskutabla:

Individen förutsättes i sitt resbeteende oberoende av sin gruppstillhörighet (hushåll m m).

Val förutsätts kunna ske enbart mellan olika resmål, färdstätt och färdvägar. Andra valmöjligheter, t ex utbyte mot aktivitet som inte förutsätter förflyttning, är definitionsmässigt uteslutna.

Det förutsättes att varje individ har full och detaljerad kunskap om potentiella valmöjligheter i olika avseenden, klara och entydiga preferenser och förmåga att räkna ut vad som i varje situation är bästa val.

### RELEVANTA BEFOLKNINGSKATEGORIER

I den mån trafikplaneringen inte varit en ren "medelvärdplanering" (reskvot per boende, biltäthet per 1000 invånare osv) har gruppindelning gjorts utifrån de huvudsakligen tekniska aspekter som dominerat verksamheten.

Det är en viktig forskningsuppgift att klargöra hur skillnader i personliga egenskaper och sociala roller leder till olika förutsättningar för och krav på trafiksystemet. Punktinsatser har gjorts, ofta från ett snävt perspektiv, t ex säkerhetsaspekter.

### TILLGÄNGLIGHETENS FÖRDELNING

Med den inriktning trafikplanering och -forskning haft har en betoning av de mest rörliga gruppernas förutsättningar och efterfrågan varit naturlig. De har förutsatts representera en önskvärd utveckling mot en allmänt mycket hög rörlighet.

Nu har vi ett samhälle där rörligheten betyder mycket för levnadsnivån men dess fördelning över befolkningen är långt ifrån jämn. En ökad uppmärksamhet på fördelningsfrågorna och på de lågrörliga gruppernas problem är angelägen.

### SLUTSATSER

Jag har inte gett något konkret förslag till avgränsning av trafiksektorn, men indirekt har jag i det föregående förutsatt en relativt vid definition av den totala trafikforskningens ansvarsområde. Eller - kanske rättigare uttryckt - trafikforskningen måste i eget intresse ägna större uppmärksamhet åt kopplingar till andra sektorer. (Vilket ibland säkert leder till större eller mindre överlappningar av dessa sektorer).

För dessa angelägna kopplingar behövs det kompletterande synsätt till de(t) hittillsvarande. Jag har exemplifierat med två som jag finner särskilt relevanta: att sätta in trafiken i sitt sammanhang med det ekonomiska systemet och lokaliseringspolitiken resp att se den som ett medel för människor att klara olika aktivitetsprogram. Det finns många andra tänkbara synsätt och alltså rika möjligheter till splittring - förödande inte bara för FoU-resurserna utan även för avnämarna, d v s de som bedriver planering och de som drabbas av den. Jag vill alltså rekommendera samling inom några få "frameworks" och klar redovisning av synsätt vid introduktion av nya delmodeller.

Sedda i det perspektiv jag här anlagt på trafikforskning/-planering framstår trafik(mängds)beräkningar som en visserligen inte oviktig men dock "detalj" i sammanhanget. Vi bör akta oss väldigt noga för att dra igång någon ny tidsödande diskussion för och emot "gra-



vitationsmodellen". Den uppmärksamheten är den inte värd, därför att den överhuvud taget rör så liten del av dagens problem på trafikområdet.

I viss mån ser jag också de tillägg för standardbeskrivning och preferenshärledning som trafikberäkningsmodellerna fått på senare tid som utslag av en sofistikerad som vi inte har råd (tid) med, när så många och stora fält i trafikberäkningarnas närmaste omgivning är föremål för skönsmässiga, osystematiska bedömningar.

FRÅGOR STÄLLDA TILL ÖVRIGA INLEDARE MED HÄNVISNING  
TILL DERAS UTSÄNDA SAMMANFATTNINGAR

Frågorna riktas i första hand till resp författare, men jag hoppas att de är allmängiltiga nog att initiera en diskussion där många av oss har synpunkter.

Fråga till Staffan Algers:

Du säger (sid 2) att den tillämpning av logitmodellen du är med om har krävt att man definierar såväl beslutsenhet, beslutskriterier som alternativmängd.

Vad anser du utifrån dina erfarenheter att det har för implikationer på de mer "normala" trafikberäkningar som vi avhandlar här?

Frågor till Eric Read:

Du börjar (i ditt korta papper) med att säga att du begränsar dej till modeller för beräkning av trafikmängder.

Redan på samma sida talar du om en planeringssituation med konjunkturförändringar som kraftigt kan påverka levnadsstandarden och om energibrist med åtföljande restriktioner spec på privatbilismen.

Hur menar du att trafikmängdsberäkningsmodeller ska användas i sådana sammanhang? Nya värden - drastiskt nya - på några parametrar, eller vad?

Sen säger du på nästa sida att du tror på ökade krav i framtiden på modellerna att ge utslag för små förändringar i parametrarna. Förfining alltså!?

Är det samma modeller som ska klara oljekriser och kraftiga förändringar i levnadsstandard resp små förändringar i de konventionella modellparametrarna?

Om inte, vad vill du prioritera?

Fråga till oss alla:

Har vi överhuvud "modellmässig" beredskap för såna här genomgripande förändringar i samhället?

Med anledning av Staffan Widlerts papper om "Modeller för samtidigt val av färdmål och -medel".

På sid 4 säger du att modellanalysen begränsats till de som har både bil och körkort - de enda som har reell valsituation.

Hur ska man hantera de som valt att inte skaffa bil eller inte anser sig behöva körkort, eller dom som vid kraftiga standardförändringar, energibrist m m (enl E Read) väljer att behålla bostaden och sälja bilen? För att ta ett par exempel på reella valsituationer.

På sid 8 har du vid stabilitetstest kommit till några intressanta men svårtolkade slutsatser.

Kan du utveckla och i litet vidare mening tolka ditt påstående att inkomsten inte hade någon som helst inverken på den studerade valsituationen?

Du säger också att du funnit att man blir mer benägen att gå till fots ju äldre man blir. Jag kan tänka mej

1. att man tycker sig behöva motion
2. att man har gott om tid
3. att man finner biltrafiken så komplicerad att man trots försämrad gångförmåga föredrar att gå

Inte egalt vilket - planeringsåtgärderna blir inte desamma vid de olika tolkningarna.

I Göran Tegnérs paper hävdas att datasnålhet är en av logitmodellens kvaliteter. Den gäller dock bara vid förutsättningen att datainsamlingen är skraddarsydd för den aktuella användningen av logitmodellen. Av TU 71:s närmare 10 000 observationer (intervjuade personer) var det bara 327 som dög för logitmodellen.

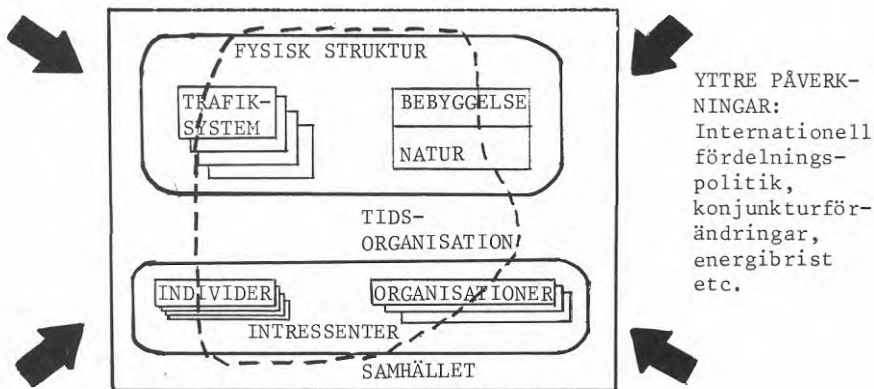
Jag frågar därför om det inte finns allvarliga risker med den fragmentisering av verkligheten både i undersökningar och analyser som en sådan inriktning innebär?

5 FORSKNING OM TRAFIKBERÄKNINGSMODELLER SOM  
DEL I DEN TOTALA TRAFIKFORSKNINGEN

Stellan Lundberg

TRAFIKEN, SAMHÄLLET OCH TRAFIKBERÄKNINGSMODELLERNA

Trafiken i samhället kan förenklat beskrivas med följande figur:



De samband och konflikter som råder mellan olika trafiksystem, mellan trafiksystem och byggd miljö/natur samt mellan intressenter och olika delsystem och kombinationer av delsystem inom den fysiska strukturen är så komplexa att de inte kan åskådliggöras i figuren - och knappast heller med matematiska modeller. Någon universalmodell för att beskriva och lösa planeringsproblemen finns inte och kan inte heller framställas.

Även i framtiden kommer vi att vara tvingade att arbeta med starkt förenklade modeller för olika användningsändamål. Detta hindrar dock inte att utvecklingsbehovet är stort och att det är angeläget att utveckla modeller, som på ett bättre sätt beskriver verkligheten.

Det är nödvändigt att inse att utvecklingsbehovet inte enbart har teoretiska aspekter.

Det teoretiska modellbyggandet måste ske med utgångspunkt från de planeringsproblem man vill belysa och lösa.

Modellerna får inte vara konserverande utan måste innefatta både de planeringsvariabler som bedömes ha och de som kan förväntas få väsentlig betydelse för planeringsproblemen. (Exempel på den sistnämnda typen av variabler är priser/restriktioner avseende energi-användning, variabler som berör fördelningsaspekter avseende trafikstandard etc).

Modellbyggandet måste vidare kopplas till uppbyggnad av ett förbättrat och sektoriellt men samplanerat dataunderlag.

Resultaten från modelltillämpningarna måste kunna presenteras i fattbar form för såväl planerare som beslutsfattare. Dessutom behövs en utbildningssatsning, såväl för tjänstemän/konsulter som för politiker för att modellerna ska bli ett hjälpmedel och inte ett styrmedel i planeringen. Slutligen är det nödvändigt med en systematiserad erfarenhetsåterföring från verklighet och modellresultat.

#### VEM HAR PROBLEMEN?

Tidigare trafik-FoU, liksom tidigare trafikplanering, har i huvudsak varit starkt systeminriktad. Vi har behandlat ett system i taget, behandlat problem inom detta system och försökt lösa problemen isolerat inom systemet. Utgångspunkten har varit sektoriellt teknisk-ekonomisk.

Resultatet av denna planering är bl a ett välutbyggt, bilbaserat trafiksystem och en bebyggelsestruktur som successivt anpassat sig till detta system. Biltrafiksystemet ger hög areell åtkomlighet, men har vissa problem, varav kapacitets- och framkomlighetsproblemen i hög grad stått i blickpunkten.

Denna sektoriella, tekniska fokusering har emellertid börjat upplösas, i samband med att konsekvenser för andra sektorer börjat uppmärksammas: miljöproblem, trafiksäkerhetsproblem, låg standard hos gång-, cykel- och kollektivtrafik till följd av utglesad bebyggelsestruktur och barriäreffekter samt åtföljande stora sociala skillnader avseende åtkomlighet i stadsbygden.

En social utgångspunkt börjar ersätta den sektoriellt teknisk-ekonomiska. Individernas problem att delta och fungera i samhället (m a p åtkomlighet, säkerhet, miljö etc) börjar ses som en mera relevant utgångspunkt än trafiksystemens "problem".

Framväxandet av denna sociala utgångspunkt ställer utökade och delvis nya krav på såväl planering som forskning.

## TRAFIKBERÄKNINGSMODELLERS ANVÄNDNING I PLANERINGS- PROCESSEN

### ALLMÄNT

Vad är trafikberäkningsmodeller?

Tidigare:

- modeller för trafikmängdsberäkning (främsta syftet: underlag för dimensionering).

Idag och under utveckling:

- modeller för
  - trafikmängdsberäkning (främst som delmoment i utvärdering. Efter utvärdering även underlag för dimensionering)
  - preferenshärledning (klarläggning av olika gruppers inbördes värdering av olika standardfaktorer)
  - standardbeskrivning (dels som underlag för problemanalys, dels för utvärdering av alternativa lösningar).

Tidigare trafikberäkningsmodeller och även huvuddelen av idag tillämpade modeller kan betraktas som aggregerade modeller - uppdelning på olika individgrupper saknas och flertalet planeringsvariabler kan ej särskiljas. Önskemål om ökad disaggregering finns för flertalet användningsändamål/tillfällen men är olika starkt uttalade.

### TRAFIKMÄNGDSBERÄKNING

Användning av trafikmängdsberäkningsmodeller för

- utvärdering; disaggregerad modell önskvärd/ofta nödvändig
- dimensionering; disaggregerad modell normalt ej nödvändig.

Önskvärd utveckling:

- förbättrad förklaringsgrad (relevanta planeringsvariabler och relevanta individgrupper bör behandlas explicit i modellen)
- modelluppbyggnad som bättre efterliknar individens valsituation (individens val är normalt inte sekventiellt)

### PREFERENSHÄRLEDNING

Klarläggning av olika individgruppers inbördes värdering av olika standardfaktorer/restriktioner (långtgående disaggregering nödvändig i modellen).



Önskvärd utveckling: Betydligt förbättrad klargöring av olika gruppers värdering av olika standardfaktorer/restriktioner. Särskild tonvikt på speciellt känsliga grupper. Långtgående disaggregering är nödvändig men kräver mycket stort intervjumaterial, många och komplicerade intervjufrågor och medför dessutom svår-överblickbarhet.

#### STANDARDBeskrivning/UTVÄRDERING

Klarläggning av standarden för olika grupper och resändamål kan dels erfordras som underlag för analys av problem i befintligt system, dels för utvärdering av alternativa lösningar. Standardbeskrivning/utvärdering med hjälp av trafikberäkningsmodell ingår normalt som del i en mera allomfattande standardbeskrivning/utvärdering innefattande anläggnings- och driftkostnader, miljöfaktorer, trafiksäkerhet etc.

Önskvärd utveckling: Politikeranpassade standardredovisningsmetoder, som snabbt och överskådligt ger en bild av standard i nuläget resp skillnader mellan olika alternativ och som samtidigt särskiljer effekterna för olika individgrupper och övriga intressenter.

Dessa önskemål är emellertid orealistiska och motstridande.

Långtgående disaggregering är nödvändig för att ge tillräcklig förklaringsgrad och önskvärd nyansering i erhållna resultat.

Långtgående disaggregering kräver emellertid mycket omfattande dataunderlag och mycket arbetskrävande databehandling. Vidare uppstår mycket snabbt överblickbarhetsproblem i resultatredovisningen. Tag som exempel en resultatredovisning för 4 alternativa lösningar på 100 zoner med indelning i 6 individgrupper, 5 resändamål och 5 färdsätt. Antag vidare att man förutom medelvärden även önskar redovisning av spridningsmått. Vem förmår överblicka ett sådant material?

En central frågeställning är således:

Hur avgränsar man för att dels hålla dataunderlag och bearbetning på en hanterbar och ekonomiskt realistisk nivå, dels medge överblickbara resultat utan att förlora för mycket i noggrannhet och utan att förlora väsentlig information?

VILKEN TRAFIK-FoU SKALL PRIORITERAS?

## ALLMÄNT

Karaktäristiskt för trafikforskningsbehovet är att det till stor del ligger i gränzonen till andra kompetensområden. Detta accentueras av den framväxande sociala utgångspunkten för trafikplanering.

## PRECISERING AV NÅGRA ANGELÄGNA FoU-OMRÅDEN

- Kartläggning av dygnsprogram för individer med olika förutsättningar och roller i samhället
  - dels som underlag för indelning i relevanta individgrupper
  - dels som underlag för normativa utgångspunkter för problemanalys, alternativuppställning och utvärdering.
- Kartläggning av hur olika faktorer/restriktioner begränsar olika gruppers valmöjligheter och möjligheter att deltaga i samhället
  - uppoffringsfaktorer (beror av individens fysiska och mentala förmåga, tillgång till olika färdmedel, samplanering av bebyggelse/lokaliseringsmönster och olika trafiksystem etc)
  - tidsbudgetfaktorer (beror förutom på ovanstående faktorer på samhällets tidsorganisation och individens roll i samhället)
  - miljöfaktorer.
- Med utgångspunkt härifrån uppställa och studera effekterna av olika åtgärds kombinationer och styrmedel
  - uppställning och totalutvärdering av principiellt intressanta åtgärds kombinationer. Totalutfall och fördelningseffekter av olika "typlösningar" är angelägna att klargöra. Vidare kan vid totalutvärderingsstudier identifieras behov av forskning kring kvantifiering, prognos och värdering av enskilda faktorer
  - studier av effekter av enskilda styrmedel och styrmedelkombinationer. Det är viktigt att förutom medvetet insatta styrmedel även studera "omedvetna" styrmedel, t ex åtgärder inom andra samhällssektorer som fungerar som styrmedel för trafiksektorn. Ett exempel på styrmedel av sistnämnda typ är avdragsmöjligheter för resor till och från arbetet och hur dessa är upplagda för olika färd sätt. Ett annat exempel är finansierings system för olika bostadsformer, som i hög grad påverkar bebyggelsestrukturen, vilket i sin tur starkt påverkar förutsättningarna för olika trafiksystem.

Som hjälpmedel i de båda sistnämnda punkterna erfordras

- vidareutveckling av trafikberäkningsmodeller. Det är härvid viktigt att modellerna
  - möjliggör särbehandling av olika individgrupper
  - är uppbyggda av relevanta planeringsvariabler.

Satsningen på modellutveckling måste emellertid, för att undvika överblickbarhet, begränsas till ett hanterbart antal modeller för olika användningsändamål.

Såväl för forskning som för planering är det angeläget att

- klarlägga och samordna olika avnämares
  - databehov
  - datainsamling
  - dataadministration
  - datapresentation.

Denna uppgift är mycket omfattande och måste ges hög prioritet, för att undvika att det stora behovet av ytterligare dataunderlag för olika sektorer planeras sektoriellt och därigenom leder till en splittrad och orationell planering med stora svårigheter för tvärsektoriell samordning.

Ett annat väsentligt planeringsproblem är att kunskaperna om framtiden är alltför bristfälliga för att tillåta planering med siktet mot en entydig framtid. Endast till vissa delar kan utvecklingen styras med planering. Vi har inte överblick över utvecklingen inom olika samhällssektorer och de effekter som förändringar i internationell ekonomi och politik kan ge. Vi har inte heller överblick över hur våra egna värderingar kommer att utvecklas. På grund av dessa osäkerhetsfaktorer är det nödvändigt att

- uppställa och studera alternativa framtider och att anpassa planeringen så att den ger framförhållning för alternativa utvecklingsinriktningar.

## SLUTORD

Någon distinkt rekommendation för prioritering av trafik-FoU är svår att uppställa. Några allmänna synpunkter kan dock härledas av vad som nämnts ovan.

- Utveckling av trafikberäkningsmodeller utgör en av många angelägna FoU-uppgifter.
- Trafikberäkningsmodellerna måste härvid ses som hjälpmedel för övrig forskning och planering. Modellutvecklingen får inte bli ett självändamål. Verklighetens problem måste vara utgångspunkt, inte modellernas problem. Detta kräver långtgående samarbete och informationsutbyte mellan praktiskt verksamma planerare/beslutsfattare och modellutvecklare/modellhanterare.
- Särskild satsning bör göras på modeller, som kan användas för förbättring av underlaget för väsentliga beslut på övergripande nivå. En höggradig förfining av teoretiska modeller kan emellertid betraktas som tveksam om den i huvudsak inriktas på användning för problemställningar på detaljerad planeringsnivå. Det är knappast meningsfullt att fatta detaljerade beslut på grundval av långtgående och omfattande analysarbete, medan de övergripande besluten fattas med utgångspunkt från mycket grova analyser och analysmetoder.

Vad är det t ex av för nytta att man kan göra en prognos, som med hög noggrannhet belyser färdmedelsvalförändringar till följd av små förändringar i ett trafiksystem, när färdmedelsvalet i hög grad beror på oanalyserade styrmedel på överordnad nivå och inom andra sektorer?

- Utvecklingsatsningen på trafikberäkningsmodeller måste koncentreras till ett hanterbart antal modeller för olika användningsändamål. Liksom beträffande andra typer av modeller - t ex samhällsekonomiska utvärderingsmodeller - börjar en mycket omfattande modellflora att utbreda sig. Begränsningar är nödvändiga för att inte utvecklingen skall leda till fullständig oöverblickbarhet.

För att ge ett underlag för en mer distinkt FoU-prioritering inom området vore det angeläget att för olika planerings- och beslutsnivåer, samt för olika planeringssikter (enligt nedanstående principalschema) göra en kartläggning av behovet avseende utveckling av trafikberäkningsmodeller.

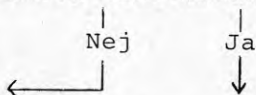
Denna kartläggning bör ske i nära samråd mellan praktiskt verksamma och forskare inom respektive planeringsnivå/planeringssikt. (Jfr principalschemat på nästa sida.)

## Tidshorisont

Planeringsnivå/Beslutsnivå	Tidshorisont		
	Kort sikt	Medellång sikt	Lång sikt
Enskilda delsystem Länkar och knutpunkter, linjer etc			
Kommundelar Markanvändning och trafiksystem			
Regiondelar Markanvändning lokaliserings- mönster, trafik- system			
Regioner D:o			
Hela riket D:o			

Följande frågeställningar bör behandlas:

- Definiera planeringsproblemen
- Definiera önskvärt beslutsunderlag (m a p olika faktorer)
- Behövs trafikberäkningsmodell



- Beskriv existerande modeller m a p resultat och noggrannhet

Här finns luckor

- Identifiera - t ex genom känslighetsanalys - de väsentligaste luckorna
- Satsa FoU här
- Klargör parallellt behovet av dataunderlag
- Klargör behov av utbildningsinsatser
- Klargör möjligheter till och behov av erfarenhetsåterföring



## 6 DISKUSSION KRINC ANGELÄGENHETSGRAD OCH INRIKTNING FÖR FOU OM TRAFIKBERÄKNINGSMODELLER

### 6.1 Inledning

De i de föregående avsnitten fem olika "debattinlägg" föredrogs som inledning till den i det följande refererade diskussionen.

### 6.2 Diskussionsreferat

Erik Read framhöll i sitt anförande vikten av att anpassa beräkningsmodellerna till olika tillämpningar och att det inte kunde finnas någon "universalmodell". Den traditionella tillämpningen av "trafikprognoser" håller på att bli relativt mindre väsentlig och det är relativt mindre angeläget att koncentrera forskningsresurser för detta ändamål. Angelägna insatser borde göras för att förbättra tekniken för uppskattning av samband mellan resstandard och resalstring samt för att särredovisa resstandard för olika grupper i samhället. En tillämpning av ökande betydelse är beräkning av förändringar i resmönster och resstandard vid olika åtgärder på kortare sikt. För detta ändamål kan det vara angeläget utveckla nya modelltyper t ex simuleringsmodeller.

Cöran Tegnér särskiljde olika tillämpningar efter dels tidshorisont (0-5 år, 5-10 år etc) dels fysisk skala (länkar, kommundelar, regiondelar). Den s k fyrstegsmodellen borde främst vara tillämplig i den lilla skalan, medan individbaserade modeller av typ s k logitmodellen borde vara bättre i mellanskalan. För stora områden, typ regiondelar, samt för tidshorisonter längre än 10 år måste utvecklas nya typer av aggregerade modeller.

Tage Wiklund varnade för en överdriven teoretisering och specialisering av trafikprognosarbetet och trafikplaneringen i allmänhet. Trafikplaneringen måste ses som en integrerad del av annan fysisk, social och ekonomisk planering. Tillämpade trafikberäkningsmodeller måste återspegla dessa samband och kunna förstås av även andra än specialister. Beräkningar av trafikmängder med t ex gravitations- eller logitmodeller är relativt små detaljer jämfört med alla stora brister i trafikplaneringens mål och metoder och är inte värd särskilt stor uppmärksamhet.

Stellan Lundberg anslöt sig till dessa synpunkter i sitt anförande, och betonade ytterligare vikten av att tillämpningarna först definieras på lämpligt sätt innan metoder väljs. Som exempel på nya och angelägna sådana tillämpningar nämndes olika individgruppers resbehov, resmöjligheter och resstandard, olika trafiklösningars fördelningseffekter samt möjligheterna till styrning av trafikutvecklingen med åtgärder såväl inom som utom trafiksektorn.



Mikaela Eckered påpekade, apropå Tage Wiklunds inledning, att syftet med seminariet var att testa nuläget beträffande trafikberäkningsmodeller och att BFR också arbetar med andra aspekter på trafikplaneringen.

I den efterföljande diskussionen anknöts främst till den tidigare påbörjade diskussionen om s k gravitationsmodeller relativt s k logitmodeller.

Gunilla Lindfeldt uppgav att gravitationsmodellen (i detta fall NPK-metoden) visat sig ge dålig överensstämmelse avseende pendlingsresor i Stockholm, beräknade på material från FOB-70. Detta kan dock till en del bero på brister i dataunderlaget.

Nils Bruzelius var något pessimistisk om möjligheten att använda disaggregerade "ekonometriska" prognosmodeller på en mycket detaljerad nivå (dvs länknivå) på g a det stora antalet som erfordras. Som exempel nämndes en trafikprognos för San Fransisco, varvid tillämpats ett system av 16 olika delmodeller alt. modellsteg.

Sulevi Lyly informerade om en pågående undersökning i Helsingfors (av Talvitie), vilken bl a skall avse en jämförelse mellan aggregerade (t ex gravitationsmodellen) och disaggregerade modeller.

Stein Hansen ansåg det vara ovidkommande hur komplicerad en trafikberäkningsmodell "ser ut" i matematisk form (det spelar ingen större roll för datorn). För varje tillämpning bör härledas den modell som kan antagas ge bäst resultat. Såväl gravitationsmodeller som logitmodeller har sina begränsningar. Det vore motiverat att satsa mer på undersökningar av resvanor och attityder och relativt mindre på beräkningsmodeller.

Bo Östlund poängterade att valet av modell måste anpassas till behovet och att såväl gravitationsmodeller som logitmodeller f n behövs. Den främsta tillämpningen för disaggregerade modeller (typ logitmodellen) bör vara att förbättra vissa steg i gravitationsmodellen, t ex fördelningen på färdmedel. En breddning av tillämpningarna är f n viktigare än en förbättring av noggrannheten.

Som en intressant utvecklingsmöjlighet såg Sven Erlander vad han kallade optimerande modeller, jämsides med befintliga, enbart effektbeskrivande modeller. Wilson's s k entropibeskrivning av gravitationsmodellen skulle kunna utvecklas i detta avseende med syfte att generera lämpliga lösningar på ett trafikproblem.

Ulf Halloff ansåg det visserligen intressant med grundforskning, men att det kanske vore mer angeläget med ett utbud av enkla modeller för olika praktiska problem. Christer Wallström instämde i att trafik-

mängdsberäkningar bör vara ett verktyg som kan användas av den praktiska planeraren, inte något som bara experter kan använda. Han menade också att det finns mycket kunskap och erfarenheter som skulle kunna tillvaratagas i kommunerna och att det således brister i kommunikationen mellan forskare och planerare.

Tage Wiklund önskade att vi kunde skilja mellan å ena sidan forskningsmodeller eller modeller för att undersöka "verklighetens inneboende struktur" och å andra sidan "planeringsmodeller" för praktiskt bruk.

Börje Thunberg efterlyste större fantasi hos prognosmakarna. Hur återspeglas t ex den tilltagande energibristen? Tex behövs åtgärd-effekt-analyser i scenario-perspektiv.

Flera talare (Börje Thunberg, Bo Björkman, Bo Östlund, Stellan Lundberg) efterlyste framförallt ett bättre dataunderlag för trafikberäkningar. Exempelvis bör TU-71 (för Stockholmsregionen) följas upp med TU-77, TU-82 etc (Björkman). Även FoB-undersökningarna bör kunna utnyttjas bättre (Lundberg). SJ:s data måste vara offentliga (Björkman).

Karl Sicking tackade avslutningsvis deltagarna för visat intresse och för de värdefulla synpunkter som framkommit. Han framförde allas uppskattning av att BFR tagit initiativ till seminariet.





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 770436-9 från  
Statens råd för byggnadsforskning till Statens vägverk,  
Stockholm**

**R55:1978**

**ISBN 91-540-2880-9**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6600755**

**Abonnemangsgrupp:  
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 1403  
111 84 Stockholm**

**Cirka pris: 40 kr exkl moms**