

# Behandling af kollektiv trafik i trafikmodeller

Camilla Riff Brems, Institut for Planlægning, DTU

## 1 Introduktion

En række egenskaber ved det kollektive trafiktilbud adskiller dette fra den individuelle trafik. Derfor bør de modelprincipper, der benyttes til modellering af den kollektive trafik i trafikmodellerne være udviklede til at tage hensyn til disse egenskaber. I mange tilfælde er de modeller, der benyttes dog i første omgang udviklet til individuel trafik og derefter justeret til at tage højde for egenskaberne ved den kollektive service. De særlige egenskaber ved kollektiv trafik kommer mest til udtryk i rutevalget, hvorfor det hovedsageligt vil være denne modeltype, der behandles i det følgende.

Blandt de egenskaber, der påvirker rutevalgsmodellerne, er skift mellem transportmidler og linier samt ventetid og lignende, der er forbundet med skift. Den kollektive service adskiller sig yderligere fra den individuelle trafik, idet flere kollektive linier kan betjene den samme strækning. Dette medfører en form for 'intern konkurrence' normalt betegnet 'common lines', som ligeledes bør inddrages i modelleringen af rutevalget. Disse forskellige egenskaber gør, at rutevalgsmodeller for individuel trafik ikke umiddelbart kan overføres til modellering af den kollektive trafik. Endelig er det de færreste modeller for kollektiv trafik i Danmark, der inddrager kapacitetsbegrænsninger, idet kapaciteten ikke anses for at være et afgørende problem. Dette er årsagen til, at de ligevægtsmodeller, der ofte benyttes til individuel trafik ikke umiddelbart kan overføres til kollektiv trafik. Blandt andet derfor er det almindeligt at benytte særlige modeller til rutevalg i kollektiv trafik.

Ingen af disse modeller er dog i fuld grad i stand til at tage højde for alle effekterne af strukturen i det kollektive trafiktilbud. En metode til at afhjælpe dette problem er at inddrage turkæder<sup>1</sup>. Specielt i forbindelse med kollektiv trafik giver dette en mere præcis modellering af den rejsendes brug af systemet.

Hidtil har trafikmodeller generelt kun kunnet inddrage et transportmiddel i modelleringen af en rejse fra origin til destination. Denne fremgangsmåde er som regel tilstrækkelig, når der er tale om biltrafik, men for den kollektive trafik viser forskellige undersøgelser, at billedet er mere sammensat. For eksempel har COWIconsult lavet en interviewundersøgelse for HT om blandt andet turkæder i buspassagerers rejser. Tabel 1 viser svarene opdelt på forskellige typer af turkæder.

---

<sup>1</sup> Den definition af turkæder, der benyttes i det følgende, dækker brugen af et eller flere transportmidler eller linier i en rejse med ét formål. Begrebet turkæder skal således ikke forveksles med aktivitetskæder, der inddrager flere formål.

Turkæde	Andel af rejser i %
gang/cykel - bus - gang/cykel	39
gang/cykel - bus - bus	24
gang/cykel - bus - tog	27
bus - bus - gang/cykel/bus/tog	4
tog - bus - gang/cykel/tog	5
tog - bus - bus	1

Tabel 1. Fordeling af trafik på forskellige typer af turkæder. Kilde: HT (1995).  
(bus er det transportmiddel, hvor passageren er 'fanget' til undersøgelsen)

Tallene viser, at selvom gang og cykel alene anses som tilbringertransportmidler til det kollektive net, består 61 % af rejserne af turkæder. I mindst 33 % af tilfældene benyttes både bus og tog, hvorfor modelleringen ved hjælp af turkæder er relevant for opnåelsen af en mere præcis modellering af brugen af det kollektive trafiksystem herunder brugen af bus og tog.

## 2 Rutevalg for kollektiv trafik

Som rutevalgsmodeller for kollektiv trafik benyttes for det meste modeller, der er udbygninger af netværksmodeller, der passer til strukturen i den individuelle trafik. Det er således nødvendigt at foretage en række 'krumspring' for at kunne modellere den kollektive trafik. Dette gøres på forskellig vis i forskellige rutevalgsmodeller. Generelt består rutevalgsmodeller for kollektiv trafik på grund af den manglende inddragelse af kapacitetsbegrænsninger af en klarlæggelse af attraktive ruter (mulige ruter og udvælgelse af de attraktive) samt en fordeling af trafik blandt disse.

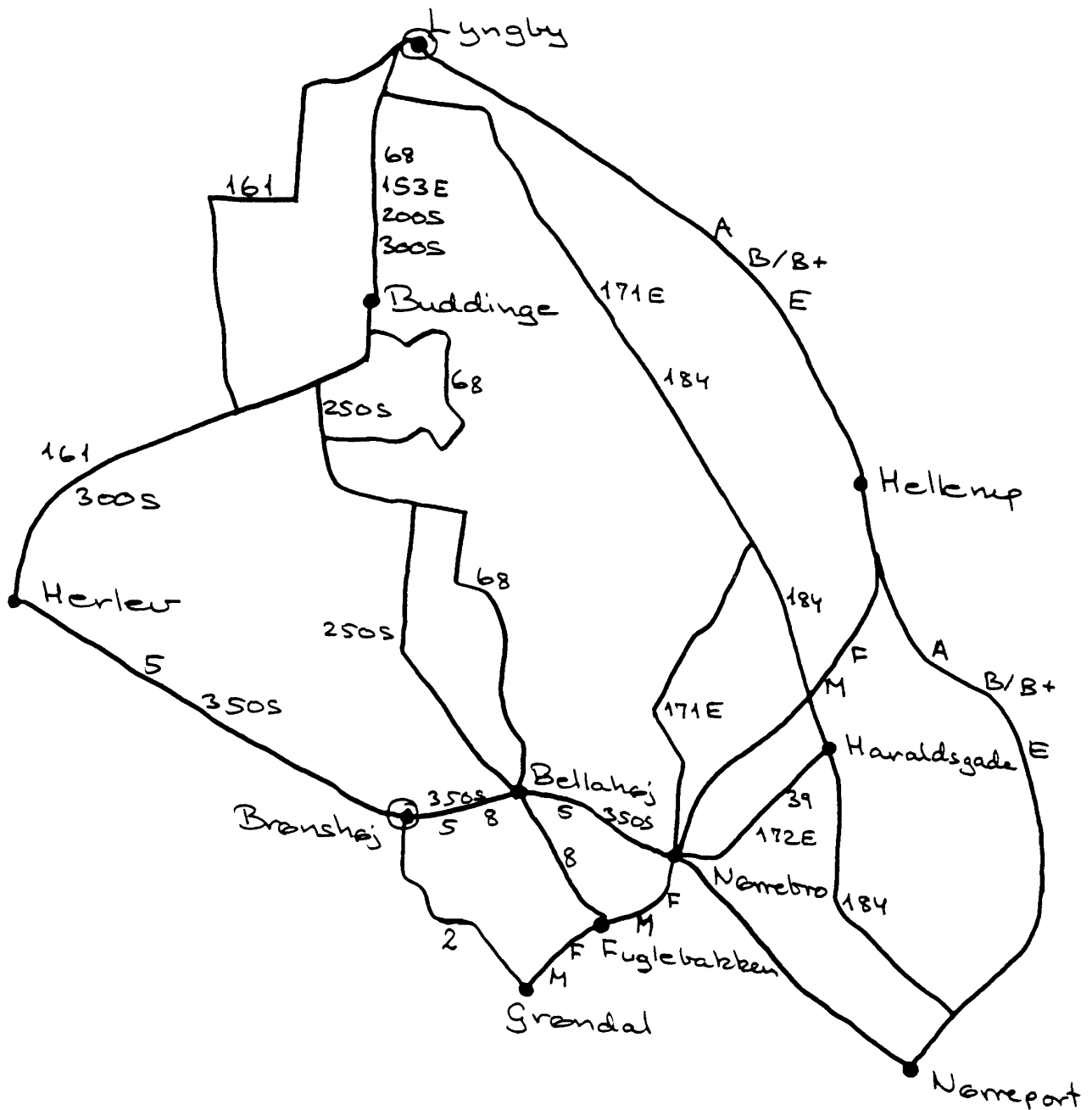
Dette gælder også for de følgende tre modeller, der alle er afprøvet på det samme eksempel for at illustrere deres virkemåde. De tre kollektive rutevalgsmodeller, der er testet, er TRIPS, der anvendes i Hovedstadstrafikmodellen, EMME/2, der anvendes i Landstrafikmodellen samt den rutevalgsmodel for kollektiv trafik, der er udviklet i forbindelse med Ørestadstrafikmodellen (i det følgende betegnet OTM). Som gennemgående eksempel er valgt rejser med kollektiv trafik mellem Lyngby station og Brønshøj Torv. På denne måde undgås indflydelse fra forskelle i kodningen af nettet eksempelvis opkobling af knuder til nettet. Figur 1 viser det i eksemplet anvendte 1997 netværk.

### Klarlæggelse af mulige ruter

Først skal det bestemmes på hvilke måder, man overhovedet kan komme fra origin til destination. I det følgende betegnes disse ruter for *mulige ruter*. Processen med klarlæggelse af mulige ruter er sjældent beskrevet i modelbeskrivelser eller manualer til rutevalgsprogrammer. Den simpleste mulighed er en alt-eller-intet algoritme (korteste vej) i et netværk, hvor modstandene i skiftene (ventetid mm.) er inddraget som pseudostrækninger i nettet. Denne algoritme resulterer dog kun i én mulig rute for hvert zonepar. For at opnå flere mulige ruter for et givet zonepar kan foretages en af to mulige udvidelser.

Den ene mulighed er iterativt at justere lidt på de generaliserede omkostninger for kanterne og gentage alt-eller-intet beregningen med de nye omkostninger. Dette kan resultere i en ny

korteste vej, men lige så vel kan man få den gamle rute en gang til. Hvilket af udfaldene, der indtræffer, afhænger af netværket og størrelsen af justeringen. Problemet med denne fremgangsmåde er, at man ikke kender kvaliteten af de løsninger, der opnås, ligesom man ikke



ved hvor stor en del af de mulige ruter, der er fundet.

Figur 1. Det grundlæggende net for eksemplet med rejser mellem Lyngby og Brønshøj.

Den anden fremgangsmåde er at benytte en  $k$ -korteste vej algoritme (se eksempelvis Sakarovitch (1968)), der fastlægger den korteste vej, den næst korteste vej osv. til den  $k$ -korteste vej, hvor  $k$  kan vælges frit. Dette giver en fordeling af korteste veje og dermed også kendskab til kvaliteten af løsningerne. Ulempen ved denne algoritme er, at den er mere

komplikeret end den simple korteste vej algoritme. Resultatet af denne proces er for eksemplet en række på 45 forskellige ruter mellem Lyngby station og Brønshøj Torv, når der er set bort fra gentagne af- og påstigninger mellem linierne.

### **Klarlæggelse af attraktive ruter**

Ikke alle de fundne mulige ruter er lige fordelagtige for den rejsende. Det skyldes blandt andet store forskelle i rejsetiden ligesom mange af ruterne ikke er en del af de rejsendes bevidsthed og dermed ikke anses for et alternativ. På den baggrund er det nødvendigt at udvælge en række *attraktive ruter*, det vil sige alle de ruter, der i sidste ende tildeles trafik. Det bør bemærkes, at denne proces kan foregå på vidt forskellige niveauer. Således arbejder TRIPS på ruteniveau, OTM på delruteniveau, mens EMME/2 arbejder på strækningsniveau.

TRIPS og EMME/2 bygger på de samme grundprincipper, idet begge metoder sorterer alle ruter/strækninger efter et mål for køre- og ventetid. Fra denne sorterede liste inddrages ruterne/strækningerne en efter en i gruppen af attraktive ruter, sålænge et kombineret mål for rejse- og ventetid forbedres. De benyttede mål i de to metoder er dog forskellige. Ved gennemregning af metoderne for det givne eksempel har det vist sig afgørende i hvilken rækkefølge ruter/strækninger med samme mål for køre- og ventetid inddrages. Ved gennemregning af eksemplet er der for TRIPS benyttet den rækkefølge, der finder flest attraktive ruter, mens der for EMME/2 er benyttet den rækkefølge, der til sidst resulterer i en brugbar fordeling af trafikken.

Den kollektive rutevalgmodel i OTM bygger på frekvensaggregering og adskiller sig fra de to øvrige, idet der opbygges et netværk, som kun medtager de bedste linier mellem to givne stop. De linier, der findes egnede, bliver aggregeret med hensyn til rejsetid og frekvens til en samlet linie, der efterfølgende indgår i rutevalget. Herefter findes de attraktive ruter som de to eventuelt aggregerede ruter, der har den laveste vægtede rejsetid.

De tre metoder TRIPS, OTM og EMME/2 finder henholdsvis 13, 3 og 16 attraktive ruter af de 55 mulige ruter. Af disse er kun 6 ruter fundet attraktive af mere end én metode.

I introduktionen blev det nævnt, at rutevalgsalgoritmerne bør tage hensyn til de særlige egenskaber, der er knyttet til det kollektive trafiktilbud. Den første egenskab, der blev nævnt, var de nødvendige skift med tilhørende ventetid. I TRIPS og EMME/2 inddrages skiftene ved hjælp af et tidsbidrag på baggrund af liniernes frekvenser. TRIPS udregner en samlet frekvens for hele ruten og medregner derpå kun ventetid ved første påstigning, mens skiftetider udelades. I EMME/2 konstrueres et beregningsnet, der medtager tidseffekt af både vente- og skiftetid, hvilket også sker i OTM gennem udregningen af en vægtet rejsetid, der benyttes i rutevalgsmodellen.

Den anden særlige egenskab, der blev fremhævet var hensynet til common lines. I TRIPS og EMME/2 tages der hensyn til common lines ved at inddrage linier en af gangen, sålænge et vægtet mål for rejsetid (køretid og ventetid) for liniebundtet forbedres. Linier, der ikke resulterer i en samlet forbedring, medtages ikke. OTM derimod inddrager common lines begrebet ved at aggregere trafiktilbuddet for konkurrerende linier, sålænge rejsetiden er stort set den samme og trafiktilbuddet sammenligneligt, hvilket vil sige samme type transportmiddel

eksempelvis E-busser, S-busser eller bybusser. De aggregerede linier repræsenteres ved én linie med den aggregerede frekvens i den følgende fordelingen af trafik. Der kan imidlertid opstå problemer ved den endelige udredning af trafik på linieniveau efter fordelingen af trafik. Frekvensaggregeringen er således mest anvendelig, når der ikke kræves en præcis modellering af trafik på linieniveau.

### Fordeling af trafik mellem ruter

Efter klarlæggelsen af attraktive ruter skal den genererede trafik fordeles mellem ruterne. Der findes mange forskellige metoder til fordeling af trafikken, men den dominerende er fordeling på baggrund af liniernes frekvens, hvor formel (1) viser et typisk eksempel. Efter denne metode får hver rute tildelt trafik svarende til rutens frekvensandel af det samlede tilbud. Hvis sættet af attraktive ruter betegnes  $R$ , får ruten  $r$  tildelt følgende andel af trafikken

$$P_r = \frac{f_r}{\sum_{s \in R} f_s} \quad (1)$$

hvor  $f_r$  er frekvensen for den givne rute  $r$ . Metoden resulterer i, at ruter med høj frekvens får tildelt mere trafik end ruter med lav frekvens. Alle de tre ovennævnte metoder benytter udtrykket i (1) eller metoder, der er meget lig dette udtryk. Det er således frekvensen, der er afgørende for fordelingen af trafik mellem de attraktive ruter i alle tre metoder.

Figur 2 viser de tre metoders fordeling af trafik på linier. Det ses, at metoderne benytter tre overordnede korridorer fra Lyngby til Brønshøj. Det drejer sig om forskellige S-tog via Hellerup station, linie 171E via Lyngbymotorvejen og forskellige busser via Buddinge station. Der er forskel på hvilke linier, metoderne benytter, ligesom mængden af trafik for linierne varierer. Betragtes trafikken på det overordnede korridorniveau fremgår resultatet af de tre metoder af tabel 2.

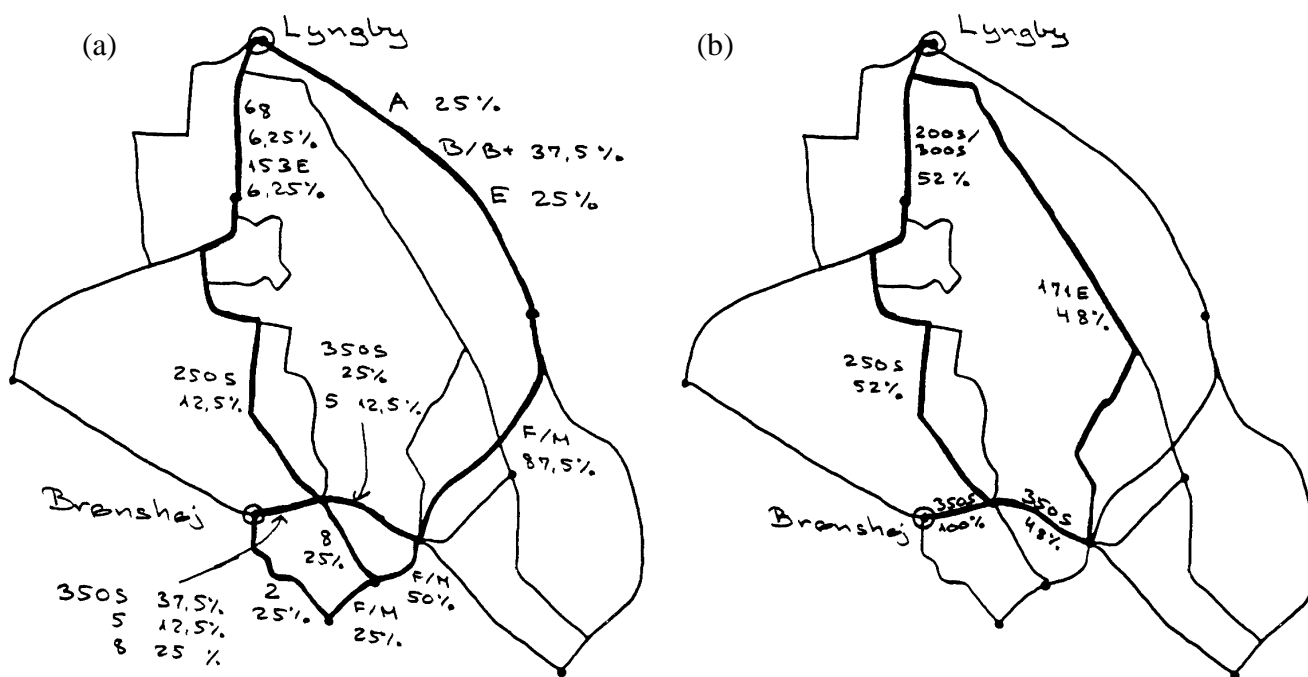
	Antal attraktive ruter	S-tog via Hellerup	171E via Lyngbymotorvejen	Busser via Buddinge
TRIPS	13	87,5 %	0 %	12,5 %
OTM	3	0 %	48 %	52 %
EMME/2	16	36,4 %	9,1 %	54,5 %

Tabel 2. Fordeling af trafik på korridorniveau.

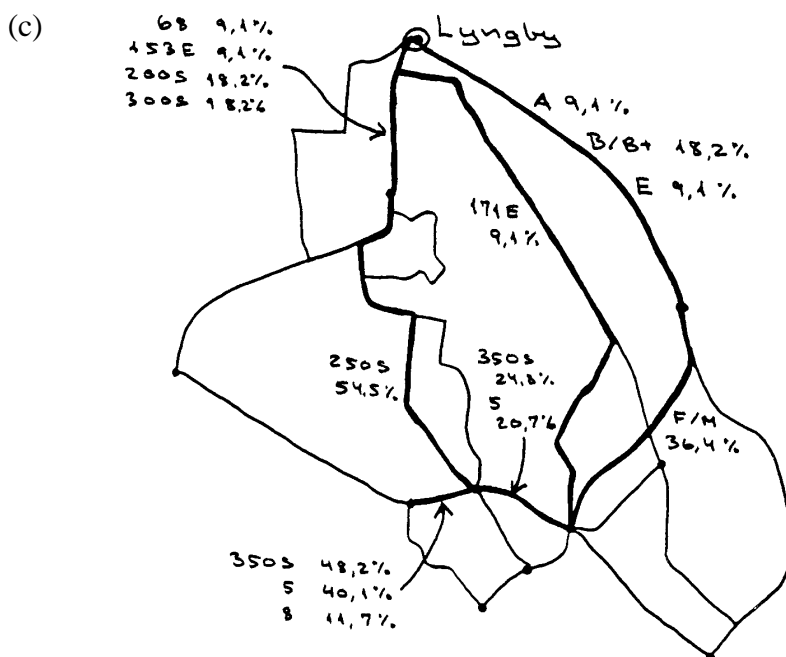
Det fremgår, at der er store variationer mellem de tre metoder selv på korridorniveau. Eksempelvis tildeler TRIPS meget trafik til S-togs korridoren sammenlignet med de andre metoder. Dette skyldes hovedsageligt TRIPS algoritmens høje vægtning af rejsetiden, hvor S-togene dominerer med lave rejsetider. Tilsvarende er OTM og EMME/2 enige om at tildele meget trafik til busserne via Buddinge og Bellahøj. Argumentet her er, at de to metoder lægger stor vægt på ventetiderne, som reduceres kraftigt på grund af de mange linier, der betjener strækningen mellem Lyngby og Buddinge. Den lavere beregnede ventetid kompenserer i disse

metoder noget for den højere rejsetid i denne korridor. Endelig skyldes forskellen i fordeling af trafik på 171E korridoren hovedsageligt det lave antal attraktive ruter i OTM.

Udover variationen af fordelt trafik viser figur 2, at der også er variation over de linier, metoderne fordeler trafik på indenfor korridorerne. Eksempelvis er der store forskelle på fordelingen af trafik på linierne mellem Nørrebro og Brønshøj. Dette skyldes ligesom ovenfor forskellen i den interne vægtning af køre- og ventetid, der opstår på baggrund af opbygningen af algoritmerne. Da det ikke har været muligt at skaffe oplysninger om de rejsendes faktiske valg af rute for netop relationen Lyngby - Brønshøj, er det ikke muligt på baggrund af observerede data at sige noget om, hvilken af de tre metoder, der rammer virkeligheden bedst.



Figur 2. Fordeling af trafik mellem Lyngby station og Brønshøj Torv ved hjælp af



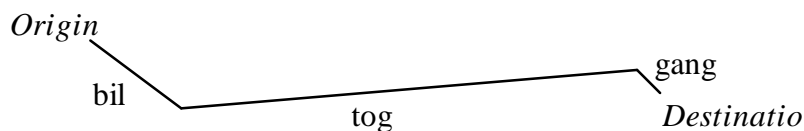
*(a) TRIPS, (b) OTM og (c) EMME/2*

### 3 Turkæder

Mens det foregående har behandlet forskellige metoder til modellering af kollektiv trafik, som de bruges i dag, lægger strukturen i det kollektive trafiktilbud i virkeligheden mere op til modellering ved hjælp af turkæder. Inddragelsen af turkæder vil dog være et skridt i retning af en mere detaljeret modellering af både valget af transportmiddel og rutevalget. Derfor vil det også kræve data på et niveau, som ikke er til stede i dag. Inddragelsen af turkæder betyder, at valg af transportmiddel og rute kobles i en overordnet model. Dette kan umiddelbart lyde uhensigtsmæssigt sammenlignet med den traditionelle opfattelse af transportmiddelvalg som en del af efterspørgslen og rutevalget som en del af udbuddet. Som det vil fremgå af de forskellige modelformer nedenfor, behøver turkæderne dog ikke bryde med denne opfattelse.

Inddragelsen af turkæder tager derimod særlige hensyn til den grundlæggende opbygning af rejser med kollektiv trafik, idet en rejse opsplittes i mindre dele, der svarer til brugen af forskellige transportmidler eller linier. Dette gør det muligt bedre at belyse både skift og sammenhængen i den (hovedsageligt) kollektive rejse. Eksempelvis kan man ved hjælp af turkæder modellere park-and-ride og kiss-and-ride, der er ved at blive populære i diskussionen af brug af kollektiv trafik og en mulig tiltrækning af nye passagerer.

Selve turkæden består af en række delture, der kan benytte forskellige transportmidler eller linier. Således er figur 3 et eksempel på en turkæde, der inddrager bil, tog og gang.



Figur 3. Eksempel på en turkæde.

For at opnå en tilfredsstillende modellering af rutevalget er det udover skiftet også nødvendigt at have placeringen af skiftet. I eksemplet på figur 3 kan man forestille sig, at det er muligt at køre med bil til flere forskellige stationer. Hvilken station, der vælges til den pågældende turkæde, kan blandt andet afhænge af parkeringsforhold (ved park-and-ride) eller af chaufførens videre rute (ved kiss-and-ride).

Som nævnt stiller inddragelsen af turkæder sådanne krav til data, at de så vidt vides ikke findes i Danmark i dag. Indsamlingen af data i TU indeholder nogle oplysninger om turkæder. For at være i stand til at estimere en af de følgende modeller for turkæder skal der dog både være oplysninger om skiftenes geografiske placering og mere præcise oplysninger om eksempelvis linier for turkædens enkelte dele. Uden disse oplysninger er det ikke muligt at estimere rutevalget i modelkomplekset.

Modelleringen af turkæder kan foregå på en række forskellige måder afhængig af, hvordan valget af transportmiddel og rute fastlægges. En af de første metoder, der blev fremført, bygger på Sheffi's ideer om supernetværk fra midten af 80'erne. Nogle af de første bud på, hvad der nu vil blive kaldt et multimodalt trafiknet, blev præsenteret i Sheffi (1985). Disse ideer kan generaliseres til også at modellere turkæder. Dette giver et samlet netværk, hvor

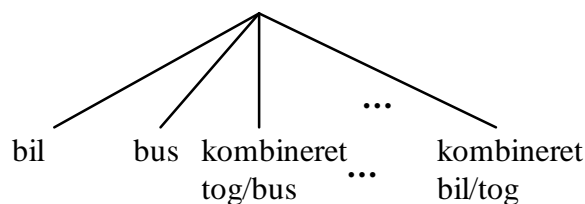


rutevalgsalgoritmen afgør både valg af transportmiddel og rute. Transportmiddelvalget afgøres alene af hvilken type strækninger (eksempelvis bil, bus eller togstrækninger), der er valgt i rutevalgsalgoritmen. Denne fremgangsmåde lider under en række uheldigheder, som gør, at modellen i praksis er meget svær at estimere. Et af hovedargumenterne imod metoden er, at valg af transportmiddel og rute normalt bygger på to forskellige valgprincipper, hvorfor introduktionen af rene multimodale net vil inddrage en anden type model for transportmiddelvalg end der normalt er enighed om at benytte. En uddybning af denne diskussion kan blandt andet findes i Abdulaal & LeBlanc (1990). Yderligere er det svært at beregne/estimere de generaliserede omkostninger, der skal knyttes til hver enkelt kant i netværket. Hvis der endvidere skal tages hensyn til de rejsendes forskellige præferencer for eksempelvis transportmidler, bliver det for alvor et meget omfattende arbejde at estimere modellen.

I stedet kan turkæderne modelleres i et system, der inddrager både en modal split model og en rutevalgsmodel. Her findes to hovedprincipper, som det også er præsenteret for et simpelt eksempel i Fernandez et al (1994). Disse to metoder adskiller sig alene i fortolkningen af skiftene. I den første model anses valg af skiftested som en del af rutevalgsmodellen. For eksemplet betyder det, at rutevalgsmodellen afgør om skiftet mellem transportmidlerne bliver foretaget ved den ene station eller den anden. Denne metode resulterer i den mest hensigtsmæssige tur for brugeren vurderet ud fra de generaliserede omkostninger. I den anden model anses valg af skiftested som en del af modal split modellen. Denne fremgangsmåde har sin berettigelse, hvis der er andre faktorer end rute karakteristika (generaliserede omkostninger), der fastlægger valget af skiftested. Sådanne situationer kan opstå, hvis man for eksempel har præferencer for en station frem for en anden, fordi der er en bedre/sikrere cykelparkering eller fordi det er på vejen for ægtefællen, så man kan blive kørt til stationen i bil (kiss-and-ride).

### Skiftested en del af rutevalget

Den første af de to modeller har valg af skiftested som en del af rutevalget. Det medfører, at rutevalgsmodellen fortsat gør brug af et multimodalt trafiknet. Valget mellem forskellige turkæder (og transportmidler) foretages dog i en særskilt modal split model, som i dette tilfælde godt kan være en almindelig logit model. Et eksempel på en sådan modal split model kan være



Figur 4. Eksempel på modal split model for første modelform.

Ved at formulere turkæderne på denne måde er det til forskel fra de rene multimodale net muligt at modellere og estimere egenskaber ved de forskellige transportmidler og deres indbyrdes sammensætning i turkæder. Givet et valg i ovenstående model af eksempelvis en kombineret tog/bus rejse skal der i rutevalgsmodellen kun inddrages ruter, der starter med tog

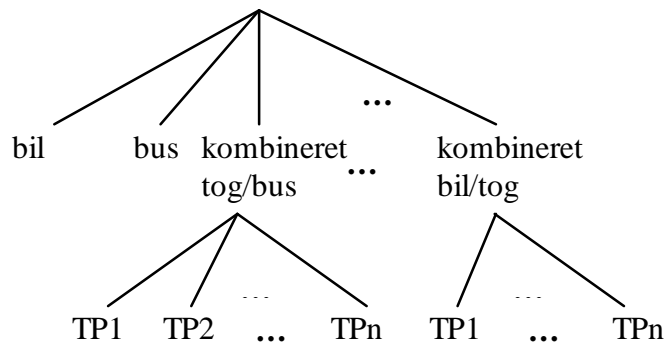
og slutter med bus. Dette forudsætter som nævnt stadig et multimodalt trafiknet, hvis modellen skal kunne behandle alle typer turkæder.

En model af denne form giver en forholdsvis simpel modal split model, hvor der som nævnt kan benyttes en almindelig logit model. Ligesom ved den traditionelle brug af logit modellen bør det undersøges, hvorvidt de grundlæggende antagelser holder. Eksempler på sådanne test findes blandt andet i Ben-Akiva & Lerman (1994). Der kan opstå problemer med antagelserne i eksemplet i figur 4, da de samme transportmidler optræder i flere forskellige alternativer - et fænomen, der er kendt for at give problemer med logit modellens grundlæggende antagelser.

Den simple struktur for modal split modellen sker på bekostning af en forholdsvis kompliceret rutevalgsmodel. Rutevalget modelleres fortsat i et multimodalt trafiknet, men til forskel fra den ovenstående metode undersøges i dette tilfælde kun ruter med den kombination af transportmidler, som er valgt i modal split modellen.

### Skiftested en del af transportmiddelvalget

I den anden model fastlægges valget af skiftsteder som en del af modal split modellen. I dette tilfælde modelleres modal split modellen som en hierarkisk model eksempelvis en hierarkisk logit model. Der findes flere forskellige måder at opbygge denne hierarkiske model på. Den ene er meget lig den logit model, der blev præsenteret i figur 4. Inddragelsen af skiftsteder klares ved at tilføje et niveau mere i modellen. Et eksempel fremgår af figur 5.

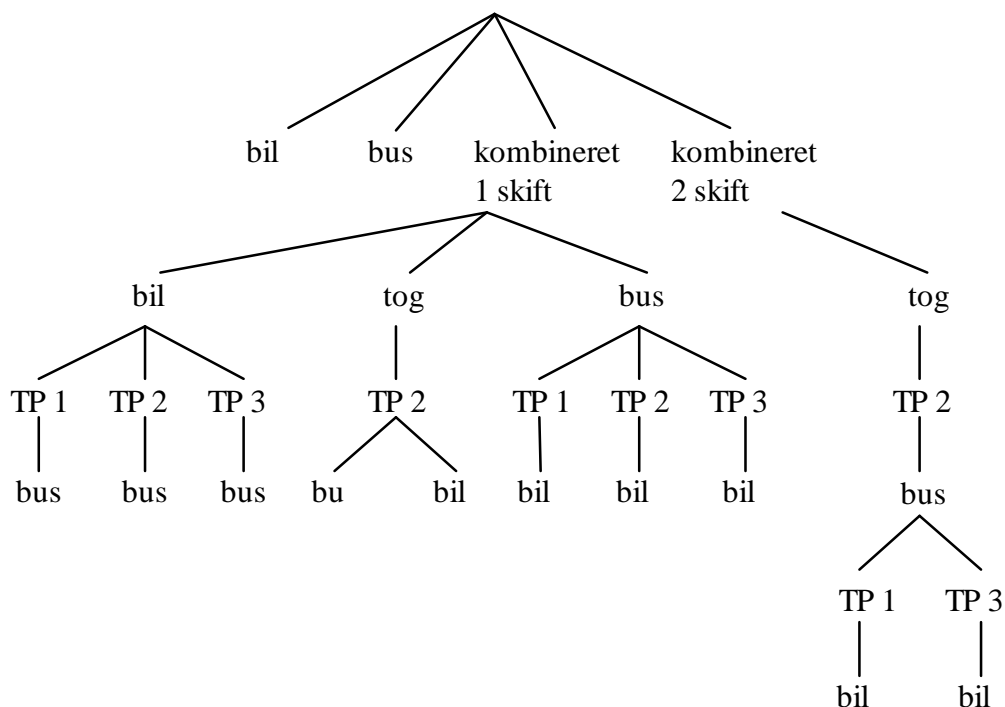


Figur 5. Eksempel på hierarkisk model med to niveauer  
TP er en forkortelse for skiftested (Transfer Point).

Denne modelform resulterer i en hierarkisk model med kun to niveauer. Hvis der er mange typer turkæder og mange skiftsteder kan antallet af alternativer dog blive meget stort. I sådanne tilfælde kan det være en fordel at benytte en anden opstilling af den hierarkiske model. I en sådan opstilling kan hvert niveau repræsentere én del af turkæden efterfulgt af et niveau med de tilhørende skiftsteder. Et eksempel på denne form fremgår af figur 6. Sammenlignet med figur 5 kan modellen i figur 6 umiddelbart syne meget mere kompliceret. Dette er dog ikke nødvendigvis tilfældet. Modellen i figur 6 indeholder godt nok mange niveauer, hvilket stiller ekstra krav til estimationen af den hierarkiske model, til gengæld er antallet af alternativer i hver delmodel meget mindre, hvilket gør det mere sandsynligt, at de grundlæggende antagelser overholdes, ligesom estimationen af den enkelte delmodel i nogle tilfælde lettes. Figur 5 og figur 6 viser to muligheder for modellering af en hierarkisk model,

afhængig af antallet af transportmidler og antallet af skiftsteder kan en mellemform af de to modeller dog også vælges. For det givne eksempel kan således opstilles en model med 4 niveauer, hvis transportmidler og skiftsteder for delene af turkæden samles.

Fordelen ved brugen af den hierarkiske model for transportmiddelvalg er, at rutevalgsmodellen bliver meget simpel. Rutevalget bestemmes her for hver enkelt del af turkæden for sig. Der er altså tale om kortere ture, der kun inddrager ét transportmiddel og derfor kan modelleres i de net, der allerede benyttes i dag. På samme måde er det helt frit hvilken rutevalgsmodel, der benyttes. Dette er ikke tilfældet i de forudgående formuleringer, hvor eksempelvis EMME/2 ikke umiddelbart kan benyttes i forbindelse med et multimodalt trafiknet, da søgeretningen i algoritmen er modsat den, der benyttes for den individuelle trafik.



Figur 6. Eksempel på hierarkisk model med flere niveauer.

Valget af en af de to modelformer bør afhænge af de rejsendes opfattelse af skiftsted - er det en del af rutevalget eller en del af transportmiddelvalget? I praksis vil valget mellem modelformerne formentlig blive afgjort af kvaliteten af de data, der er til rådighed, af adgangen til forskellige modeller for valg af transportmiddel og rute samt endelig af ønsket om detaljeringsgraden af resultatet. Således indeholder den første model en 'simpel' modal split model og en 'kompliceret' rutevalgsmodel, mens den anden model indeholder en 'kompliceret' modal split model og en 'simpel' rutevalgsmodel.

#### 4 Konklusion

Modellering af kollektiv trafik i trafikmodeller bør tage hensyn til de særlige egenskaber, der er forbundet med det kollektive trafiktilbud. I det foregående er gennemgået en række rutevalgsmodeller for kollektiv trafik, samt hvordan de tager hensyn til de særlige egenskaber. Tre rutevalgsmodeller, der er benyttet ved større modelarbejder i Danmark, er sammenlignet

ved at afprøve dem på det samme overskuelige eksempel. Dette viser betydelige forskelle i resultaterne både på linieniveau og på korridorniveau.

Efterfølgende præsenteres et forholdsvis nyt begreb, der passer bedre til den kollektive trafik, nemlig turkæder. Disse betragter en rejse som sammensat af flere mindre komponenter, hvilket sandsynligvis svarer bedre til, hvad brugere af det kollektive system oplever. Blandt fordelene ved modellering ved hjælp af turkæder er muligheden for en mere præcis modellering af transportmiddelvalget for alle rejser, der indeholder mere end et transportmiddel. Yderligere åbner brugen af turkæder bedre muligheder for at belyse skiftene, der udgør en vigtig del af rejser med kollektiv trafik. Som tommelfingerregel regnes normalt med, at ét minuts ventetid svarer til to minutters køretid. Der burde således kunne opnås forbedringer af det kollektive trafiksystem gennem en bedre koordination af køreplaner. Dette forudsætter et større kendskab til trafikstrømmene også mellem transportmidler og linier end man kender til i dag. Ved estimation af modeller, der bygger på turkæder, vil et sådant kendskab med tiden kunne opnås.

Det altoverskyggende problem er på nuværende tidspunkt, at der så vidt vides ikke findes data i Danmark til vurdering af de foreliggende metoders indbyrdes kvalitet eller til estimation af modeller med turkæder.

## Referencer

*Abdulaal, Mustafa & LeBlanc, Larry* (1990)

“Methods for Combining Modal Split and Equilibrium Assignment Models”  
Transportation Science, Vol. 13, No. 4, pp. 292-314.

*Ben-Akiva, Moshe & Lerman, Steven* (1994)

“Discrete Choice Analysis, Theory and Application to Travel Demand”  
Sixth Printing, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, USA.

*Brems, Camilla Riff & Kronbak, Jacob* (1996)

“Multimodale trafiknet i GIS”  
Notat 1996-4, Institut for Planlægning, DTU, Lyngby.

*Brems, Camilla Riff* (1997)

“Trip Chains in Public Transport”  
Center for Transportation Studies, MIT, Massachusetts, USA.

*Daly, Andrew* (1987)

“Estimating ‘Tree’ Logit Models”  
Transportation Research, Vol. 21B, No. 4, pp. 251-267.

*Fernandez, Enrique, De Cea, Joaquín, Florian, Michael & Cabrera, Enrique* (1994)

“Network Equilibrium Models with Combined Modes”  
Transportation Science, Vol. 28, No. 3, pp. 182-192.

Hovedstadstrafikmodellen (1996)

“Hovedstadstrafikmodel version 3.0, beskrivelse af døgnetrafikmodel”

Anders Nyvig, Hørsholm.

HT (1995)

“Buspassagerers vurdering af en busrejses service-elementer - en Stated Preference-analyse”

Udarbejdet af COWIconsult, Lyngby.

HT (1997)

“Busser og tog, køreplan, 1. juni - 27. september 1997”

HT, Valby.

Landstrafikmodellen (1996)

“Utveckling av Landstrafikmodellen, modellestimering”

Transek AB, Sverige.

*Sakarovitch, M.* (1968)

“The  $k$  Shortest Chains in a Graph”

Transportation Research, Vol. 2, No. 1, pp. 1-11.

*Sheffi, Yosef* (1985)

“Urban Transportation Networks”

Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.

*Spiess, Heinz & Florian, Michael* (1989)

“Optimal Strategies: A New Assignment Model for Transit Networks”

Transportation Research, Vol. 23B, No. 2, pp. 83-102.

TRIPS (1993)

“TRIPS version 6.0, Introduction to the TRIPS Public Transport Programs”

Vejdirektoratet og Trafikministeriet (1996)

“TU 1992 - 1995, resultater fra transportvaneundersøgelsen”

Vejdirektoratet, rapport nr. 57, København.

Ørestadstrafikmodellen (1995)

“Ny bybane i København, trafikmodel, dokumentation”

Carl Bro Gruppen, Glostrup.