

# KOMMENTARER OG OVERSIGTER

## DEN TRAFIKØKONOMISKE FORSKNING VED DANMARKS TEKNISKE HØJ-SKOLES INSTITUT FOR VEJBYGNING, TRAFIKTEKNIK OG BYPLANLÆGNING

Det kan måske undre, at der arbejdes med trafikøkonomiske problemer ved en teknisk højskole, men ethvert teknisk problem har jo på en eller anden måde også en økonomisk side, som ingeniørerne ofte må tage sig af.

Det følgende handler dog mest om trafiktekniske undersøgelser, samt om hvorledes man i forbindelse med disse finder frem til de konstanter, der anvendes i økonomiske modeller. I nogle tilfælde har vort institut dog også selv arbejdet med økonomiske modeller, i andre tilfælde har man samarbejdet med Institut for Matematisk Statistik og Operationsanalyse.

Vejbygning, trafikteknik og byplanlægning omfatter to professorater. I 1949 blev H. H. Ravn og P. H. Bendtsen udnævnt til professorer i faget. Ravn varetager vejbygning, medens Bendtsen varetager den øvrige del af faget.

Indtil licentiatordningens gennemførelse 1956 var medarbejderantallet beskedent, og forskningen måtte væsentligt baseres på institutbestyrernes eget arbejde samt på eksamensarbejder, hvoraf der i de senere år indenfor trafik og byplanlægning har været fra 8 til 18 årligt.

Indenfor samme fagområder er medarbejderstaben senere udvidet og omfatter i 1970 6 amanuenser, heraf 1 deltidssansat økonom og 5 lektorer.

Indtil 1970 har ialt 7 licentiat afsluttet deres studium, og 5 er i gang med et licentiatstudium. Institutlets bygninger ved den nye tekniske Højskole i Lyngby er færdige i efteråret 1971. Efter udflytningen ventes oprettet et særligt professorat i byplanlægning. Ved instituttet drives både grundforskning og målforskning; målforskning mest vedrørende emner, som ikke hidtil er blevet behandlet indenfor centraladministrationens styrelser. Enkelte undersøgelser har man fået anmodning om at udføre af udenlandske styrelser.

I samarbejde med Institut for Matematisk Statistik og Operationsanalyse afholdes hvert semester et antal licentiatseminarer, hvor emner indenfor faget forelægges for en gruppe interesserede ved og udenfor læreanstalten.

Samarbejdet udadtil strækker også til den internationale trafikforskning, bl.a. derigennem at forfatteren er formand for den Internationale Byplanforenings Trafiksektion.

Et vigtigt hjælpemiddel for forskningen er et godt fagbibliotek. Man disponerer over et sådant med ialt 8 500 bind, og der holdes endvidere 100 fagtidsskrifter vedrørende trafik og byplanlægning. I årenes løb er oparbejdet et kartotek over tidsskriftartikler, der indeholder ca. 36 000 kort.

I 1967 fik instituttet bevilling til en målebil og til ansættelse af en mekaniker, der tager sig af måleapparaternes vedligeholdelse og hjælper med ved udførelse af målinger. I 1967 blev også anskaffet et specialmåleapparat (se fig. 1), der tillader, at målinger på vejen direkte overføres til et tape, der kan bearbejdes på EDB anlæg. Konstruktionen af dette apparat er angivet af professor Per Gert Jensen, Institut for Impuls- og Cifferteknik.

Instituttet har ialt ca. 15 EDB programmer til løsning af problemer inden for trafik og byplanlægning. Af de forskningsopgaver, som instituttet har arbejdet med og påtænker at tage op, skal følgende nævnes:

# KOMMENTARER OG OVERSIGTER

## DEN TRAFIKØKONOMISKE FORSKNING VED DANMARKS TEKNISKE HØJ-SKOLES INSTITUT FOR VEJBYGNING, TRAFIKTEKNIK OG BYPLANLÆGNING

Det kan måske undre, at der arbejdes med trafikøkonomiske problemer ved en teknisk højskole, men ethvert teknisk problem har jo på en eller anden måde også en økonomisk side, som ingeniørerne ofte må tage sig af.

Det følgende handler dog mest om trafiktekniske undersøgelser, samt om hvorledes man i forbindelse med disse finder frem til de konstanter, der anvendes i økonomiske modeller. I nogle tilfælde har vort institut dog også selv arbejdet med økonomiske modeller, i andre tilfælde har man samarbejdet med Institut for Matematisk Statistik og Operationsanalyse.

Vejbygning, trafikteknik og byplanlægning omfatter to professorater. I 1949 blev H. H. Ravn og P. H. Bendtsen udnævnt til professorer i faget. Ravn varetager vejbygning, medens Bendtsen varetager den øvrige del af faget.

Indtil licentiatordningens gennemførelse 1956 var medarbejderantallet beskedent, og forskningen måtte væsentligt baseres på institutbestyrernes eget arbejde samt på eksamensarbejder, hvoraf der i de senere år indenfor trafik og byplanlægning har været fra 8 til 18 årligt.

Indenfor samme fagområder er medarbejderstaben senere udvidet og omfatter i 1970 6 amanuenser, heraf 1 deltidssansat økonom og 5 lektorer.

Indtil 1970 har ialt 7 licentiat afsluttet deres studium, og 5 er i gang med et licentiatstudium. Institutets bygninger ved den nye tekniske Højskole i Lyngby er færdige i efteråret 1971. Efter udflytningen ventes oprettet et særligt professorat i byplanlægning. Ved instituttet drives både grundforskning og målforskning; målforskning mest vedrørende emner, som ikke hidtil er blevet behandlet indenfor centraladministrationens styrelser. Enkelte undersøgelser har man fået anmodning om at udføre af udenlandske styrelser.

I samarbejde med Institut for Matematisk Statistik og Operationsanalyse afholdes hvert semester et antal licentiatseminarer, hvor emner indenfor faget forelægges for en gruppe interesserede ved og udenfor læreanstalten.

Samarbejdet udadtil strækker også til den internationale trafikforskning, bl.a. derigennem at forfatteren er formand for den Internationale Byplanforenings Trafiksektion.

Et vigtigt hjælpemiddel for forskningen er et godt fagbibliotek. Man disponerer over et sådant med ialt 8 500 bind, og der holdes endvidere 100 fagtidsskrifter vedrørende trafik og byplanlægning. I årenes løb er oparbejdet et kartotek over tidsskriftartikler, der indeholder ca. 36 000 kort.

I 1967 fik instituttet bevilling til en målebil og til ansættelse af en mekaniker, der tager sig af måleapparaternes vedligeholdelse og hjælper med ved udførelse af målinger. I 1967 blev også anskaffet et specialmåleapparat (se fig. 1), der tillader, at målinger på vejen direkte overføres til et tape, der kan bearbejdes på EDB anlæg. Konstruktionen af dette apparat er angivet af professor Per Gert Jensen, Institut for Impuls- og Cifferteknik.

Instituttet har ialt ca. 15 EDB programmer til løsning af problemer inden for trafik og byplanlægning. Af de forskningsopgaver, som instituttet har arbejdet med og påtænker at tage op, skal følgende nævnes:

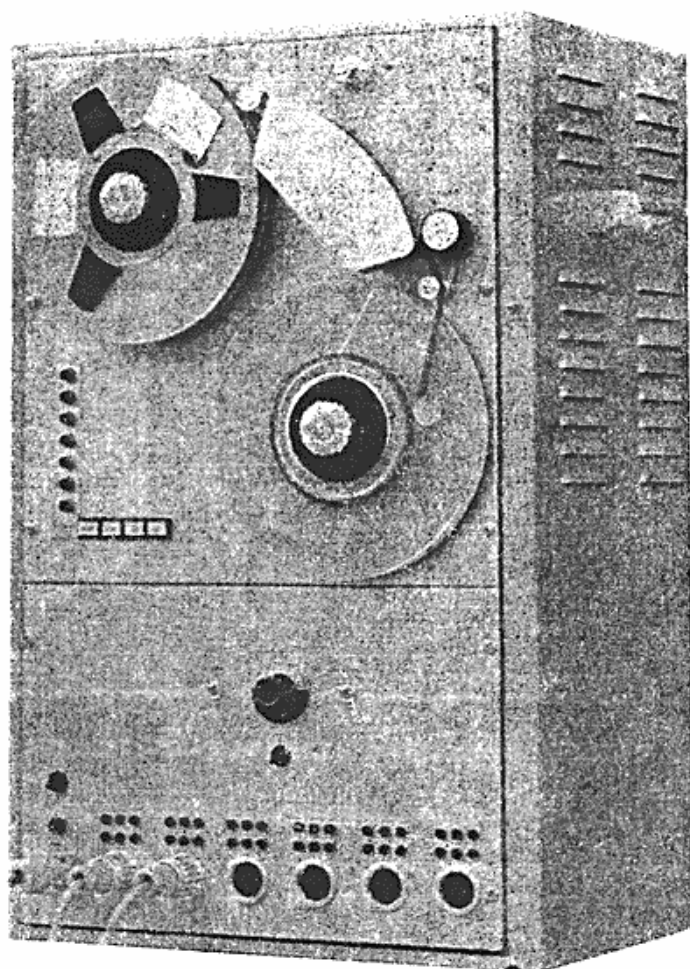


Fig. 1. Dette nye måleapparat optager pr. bånd impulser fra slanger udlagt over kørebanen. Båndet kan behandles på EDB anlæg, således at man direkte kan få optegnet f. eks en hastighedsfordelingskurve på en tegneautomat.

#### *Trafikteknik*

*Vejes kapacitet på fri strækning.* Spørgsmålet om vejes kapacitet er af stor økonomisk betydning. I denne forbindelse er også sammenhængen mellem hastighed og trafikmængde vigtig.

Den nye amerikanske Highway Capacity Manual indførte begrebet serviceniveau. Jens Rørbech har ved målinger på motorvejen ved Hedehusene, på Roskildevej og på Lyngbyvej vist, at den sammenhæng, der er konstateret i Amerika mellem trafikbelastning ved forskellige serviceniveauer og hastighed, nogenlunde svarer til, hvad man finder på nævnte danske veje. En senere måling på 2-sporede veje viste, at man med en given trafikmængde kører hurtigere på danske 2-sporede veje end på amerikanske.

Det er hidtil ikke lykkedes at opstille en teori for, hvorledes kapaciteten af en vejbane afhænger af visse ydre forhold udtrykt i parametre. Fra Amerika kendes

Car-following teorien og fra England Lighthill og Whithams teori. Ingen af disse giver dog den endelige løsning på problemerne. En nødvendighed for at komme videre med dette arbejde er, at man disponerer over et stort antal målinger af tidsintervaller mellem biler og tilhørende hastigheder. Til udførelse af sådanne målinger har laboratoriet som nævnt i 1967 fået et måleapparat, hvor målingerne fra vejen direkte kan bearbejdes på et EDB anlæg. Ingeniør Rørbech arbejder med opstilling af en ny teori for kapaciteten af veje på fri strækning.

*Kapacitet af vejkryds.* I N. O. Jørgensens licentiatarbejde fra 1961 simuleredes trafikken i et 3-grenet ureguleret kryds. Modellen forudsætter samme hastighed for alle biler. På grundlag af modellen beregnes gennemsnitlige forsinkelser for biler ved forskellige trafikmængder i krydset. Disse forsinkelser stemmer ganske godt med observationer. Simulationen udførtes på Regnecentralens maskine DASK, der dengang var den eneste i landet. Det var første gang, en sådan trafiksimulation udførtes i Skandinavien.

I 1965 afsluttede diplomering. W. Wätjen et licentiatarbejde omhandlende biltrafikken gennem flere signalerede kryds. Wätjens væsentlige indsats er beregning af forsinkelsen ved et lyssignal i afhængighed af de to forudgående signalers indstilling. Denne undersøgelse blev udført ved simulation på en IBM 7090 regnemaskine i Düsseldorf, idet en sådan på det tidspunkt endnu ikke fandtes i Danmark.

Wätjen har også gennemført omfattende målearbejder i lysregulerede kryds i Slagelse, i Fredensgade og på Lyngbyvej. Wätjens arbejder har betydning for, at man kan finde frem til den optimale indstilling af signalerne i en grøn bølge. Udvalgte stykker af Wätjens afhandling er af institutioner både i England og i USA oversat til engelsk til brug i det daglige arbejde.

Civilingeniør R. Sagen fra Norges tekniske Højskole arbejdede i de 2 følgende år på laboratoriet med simulation af vejtrafik i et gadenet, bestående af 4 vejkryds med lyssignalanlæg; bilernes hastighed kan varieres, og der tages hensyn til svingende trafik. Dette arbejde udførtes også ved simulation på den i mellemtiden anskaffede 7090 maskine på NEUCC i Lundtofte. Output var dels grafisk (se fig. 2) og dels film, idet man havde et udmærket samarbejde med laboratoriet for Impuls-

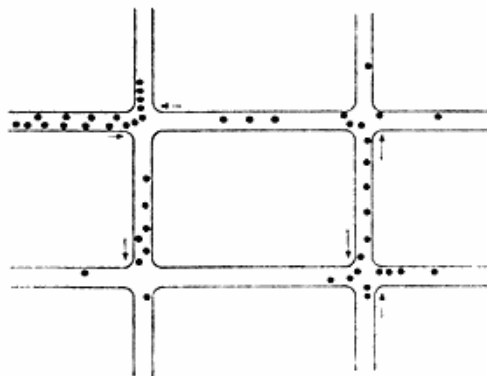


Fig. 2. Filmoptagelse af simulation på EDB af biltrafikken i 4 skærende gader. Prikkerne er biler. Pilene viser lyssignalernes stilling.

og Cifferteknik ved professor Per Gert Jensen, der netop på det tidspunkt havde planer om at iværksætte et arbejde med at få regnemaskineresultater overført til en katodestråleoscillograf, der kan filmes.

Sagen påviser virkningen af ændringer i hastighedsfordelingen samt i ankomstfordelingen og af reaktionstiden for forsinkelser og kødannelser ved lysregulerede kryds.

Efter anmodning fra National Research Board blev resultaterne af Wätjens og Sagens arbejder forelagt på et møde i Washington i 1968.

#### *Færdselssikkerhed*

I forbindelse med diskussionen om spørgsmålet om faste hastighedsgrænser foretoges i et eksamensarbejde i 1958 en undersøgelse af hastighedsfordelingskurven bl.a. for trafikken på Køge omfartsvej, hvor der var en hastighedsbegrænsning på 50 km/t, og det viste sig, at 38 % af bilisterne kørte over 50 km/t.

I en artikel i Dansk Vejtidsskrift 1965 påviste Ole Thorson, at færdselssikkerheden er vidt forskellig fra by til by i Danmark, selv for byer af nogenlunde samme størrelse.

Ingeniør Thorsons licentiatarbejde, der færdiggjordes i 1967, hvor lederen af Institutet for Matematisk Statistik og Operationsanalyse, professor Arne Jensen også var faglærer, er udført i nært samarbejde med laboratoriet for Vejdata-behandling. Thorson søgte at sammenkoble tilgængelig viden om trafikulykkerne med viden om vejnettets fysiske data og vejtrafikens størrelse. Bearbejdelsen er udført på EDB-anlæg, og der gennemførtes en analyse af ulykkesmaterialet for 1962. På basis heraf søgte Thorson at formulere nogle generelle lovmæssigheder for sammenhæng mellem ulykkestæthed, trafikmængde og vejens standard. Sådanne oplysninger er af betydning ved bedømmelse af det fremtidige ulykkesantal på nye og eksisterende veje og er et nødvendigt grundlag for at kunne udføre et cost benefit studie til bedømmelsen af, hvorledes nye vejanlæg skal prioriteres. Arbejdet blev i 1968 belønnet med en pris på 50.000 belgiske francs af Fonds d'études et de recherches de la sécurité routière.

Arbejdet videreføres af Rådet for Trafiksikkerhedsforskning, af hvilket forfatteren er medlem.

#### *Trafikplanlægning*

*Trafikprognoser.* På grundlag af Københavns kommunes store bolig-arbejdsstedsundersøgelse 1945 udarbejdede forfatteren en oversigt over bolig-arbejdsstedbalancen i Københavns forstadskommuner, idet det for hver kommune konstateredes, hvor mange procent af de erhvervsudøvende, der mangler arbejdsplads på stedet, og hvor stor en procent af de lokale arbejdspladser, der indehaves af lokale beboere. På grundlag heraf er senere udarbejdet en metode, der tillader en foreløbig beregning af spidstimetrafikken fra en forstad mod bycentret. Metoden omtales i forfatterens bog *Byplanlægning* fra 1967.

I 1953 modtog forfatteren fra Kungl. Byggnadsstyrelsen i Stockholm en anmodning om at undersøge, hvilken indflydelse en ændring af etageantallet af de projekterede 5 højhuse ved Hötorget ville have på trafikken i Sveavägen, og hvorledes bilhastigheden i denne gade samtidig ville blive ændret. På grundlag af de dengang foreliggende oplysninger om trafikgenerering udførtes den ønskede beregning.

I 1960 undersøgte Færch på forslag af amsvejsinspektør Danø trafikken til og fra det isoleret beliggende kvarter »Slotsmarken« i Holbæk. Meddelelsen om denne

undersøgelse blev givet på vejkongressen i Rom i 1964. En lignende undersøgelse udførtes i 1966 i et eksamensprojekt af Lund Andersen for bebyggelsen Høje Gladsaxe ved København.

J. Mentzel undersøgte i 1967 trafikgenerationen fra erhvervsarealet i city-områderne i Århus og Odense og fandt følgende antal personrejser pr. m<sup>2</sup> pr. dag:

|              | Butik | Kontor | Industri |
|--------------|-------|--------|----------|
| Århus .....  | 0,16  | 0,12   | 0,01     |
| Odense ..... | 0,18  | 0,10   | 0,02     |

Tallene var for butik og kontor ret ensartede og stemmer godt med tilsvarende tal fra engelske og amerikanske undersøgelser.

I 1962 påbegyndte K. R. Overgaard et licentiatarbejde, hvor han giver en oversigt over de kendte metoder til udarbejdelse af trafikberegninger i byer, og han angiver en ny metode til at fordele den beregnede trafik mellem forskellige byzoner på eksisterende og nye veje (se fig. 3). Licentiatafhandlingen blev oversat til engelsk og benyttes nu i adskillige lande som håndbog i trafikberegning. I 1967 foretog Jørgen Jespersen en bolig-arbejdssted-analyse for 100 husstande i Emdrup.

Det ret overraskende resultat var:

1. 50 % betegner bolig-arbejdsstedsrejsen som en nydelse, kun 19 % finder den for lang.
2. Kun 3 % begrundet flytning med »kortere bolig-arbejdsstedsrejse«.
3. 69 % får efter flytning længere bolig-arbejdsstedsrejse. Større bolig er den opnåede fordel.

I 1967 påbegyndte Jens Kofoed et licentiatstudium om byboens færden i og brug af byen. Det undersøges, hvor beboerne udfører de daglige aktiviteter og herigennem belyses sociale, økonomiske og bymæssige forhold, der påvirker

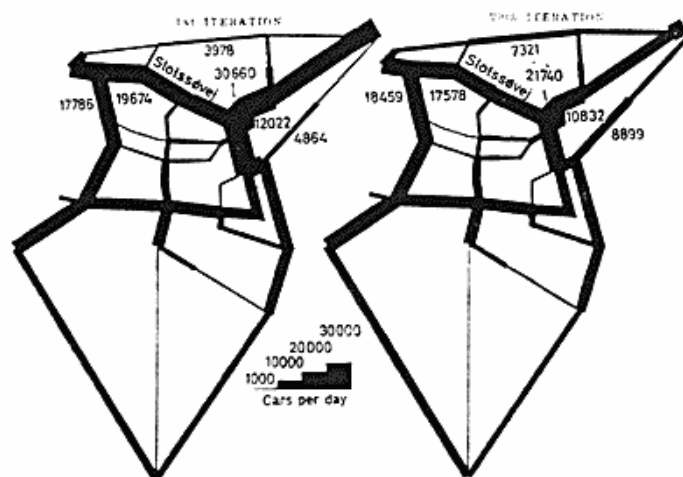


Fig. 3. Fordelingen af trafikken mellem 48 zoner i Kolding på byens gader. Til venstre ses trafikken, hvis alle gader havde »uendelig stor« kapacitet. I fig. til højre er der ved 20 iterationer taget hensyn til kapaciteten af de enkelte gader.

brugen af byen. Mere specielt er i Odense undersøgt 350 husstandes daglige færden og aktiviteter gennem en uge samt aktiviteternes kombination i form af turkæder. Man håber, at studiet vil øge indsigten i et problem, der ikke blot er relevant for trafikplanlæggeren og byplanlæggeren, men også for den økonomiske planlægger, der beskæftiger sig med erhvervenes og detailhandelens lokalisering.

*Trafiknet.* De arbejder, der foreligger særlig fra amerikansk side angående trafiknet, beskæftiger sig for de flestes vedkommende med, hvorledes transporten fra et punkt til et andet mest økonomisk tilrettelægges på de mellem disse to punkter eksisterende trafiklinier. Der foreligger også undersøgelser af spørgsmålet om den optimale maskevidde i et motorvejsnet i en by, idet der bl.a. tages hensyn til anlægsudgiften pr. km motorvej og til trafikgenerationen pr. ha. i området. Dette emne har været behandlet af Kofoed i et eksamensprojekt i 1962. Institutet udarbejdede en rapport om emnet for så vidt angår danske forhold til trafikstudieugen i München i 1968.

*Bybaner.* Den i forfatterens doktorafhandling fra 1939 indeholdte ny beregningsmetode for den fremtidige trafik på en projekteret bybane anvendtes i modificeret form ved Københavns kommunes trafikkommissions beregning af trafikken på de kommende bybaner i en betænkning i 1951, og den er af forfatteren efter anmodning fra Helsingfors byråd i 1965 anvendt til at bedømme trafikken på de foreslåede bybaner i Helsingfors.

I 1957 foretog forfatteren sammen med nogle af statsbanernes eksperter en rentabilitetsundersøgelse for sporvogns- og buslinier kontra s-baner og tunnelbaner. Undersøgelsen skulle danne grundlag for en bedømmelse af, hvor stor trafikken skal være for, at man kan få en rimelig forrentning af anlægsudgiften til en ny tunnelbane.

Spørgsmålet om det er økonomisk mest fordelagtigt at anlægge enten en tunnelbane eller en motorvej til aflastning af en stærkt trafikeret gade er undersøgt i forfatterens bog *Town and Traffic in the Motor Age* fra 1961.

I 1966 foretoges endvidere for et folketingsudvalg en undersøgelse af spørgsmålet om bybaners kapacitet, ligesom laboratoriet efter en anmodning fra statsbanerne også har foretaget målinger af ventetider og ekspeditionstider for s-togene på Nørreport station og søgt ud fra køteorien at opstille beregning af kapaciteten. I 1967 har Thomsen i et eksamensprojekt taget problemet op, idet s-togtrafikken simuleredes på EDB anlæg.

*Busser og sporveje.* I 1955 behandlede Henning Nielsen i et eksamensarbejde spørgsmålet om buslinienet i provinsbyer. I forbindelse hermed opstilledes en beregning af den økonomisk optimale afstand mellem radiallinierne i et busnet.

I et eksamensprojekt fra 1964 udførte Eir en undersøgelse af det offentlige trafiknet i Århus. I andre eksamensarbejder har man undersøgt, hvilken forsinkelse forskellige antal sporvogne og busser i en gade medfører for biltrafikken, ligesom Steffensen i 1967 har undersøgt buskørselens regelmæssighed i samarbejde med Københavns Sporveje.

#### *Terminalanlæg*

I 1958 behandlede Rallis i et licentiatarbejde *Lufthavnens kapacitet*. Han foretog forskellige målinger i Københavns lufthavn og viste anvendelsen af køteorien også under vore forhold. Rallis undersøgte for første gang systematisk trafikafviklingen i luftveje, indflyvningsområder og kontrolorganer, på banesystemer og opstillingspladser samt i ekspeditionsbygningen og på til- og frakørselsvejene. Når den

samlede kapacitet skal opgøres, er det trafikafsnit naturligtvis afgørende, som har lavest kapacitet.

I sin doktorafhandling fra 1967 har Rallis udvidet sit arbejde til at omfatte jernbanestationer, havne og fragtmandshaller. Der er foretaget en række observationer af ekspeditionstider, betjeningstider og ankomstintervaller for fjernbanetrafikken i Glostrup og på fjerntrafikperronerne på Hovedbanegården, og køteorien er anvendt til at beregne ventetider (meddelt på 3. internationale Operationsanalysekongres i Oslo 1963). Endvidere er der foretaget en interessant sammenligning af ekspeditionstider og ventetider i de 4 typer af terminalanlæg. Også »biltrafikens terminalanlæg« er der arbejdet med. Man har søgt at udarbejde en metode til bestemmelse af nødvendige antal parkeringspladser i en bys cityområde. Metoden er omtalt af forfatteren i *Byplanlægning* fra 1967.

I forbindelse med ordningen af parkeringsforhold ved den nye læreanstalt i Lyngby har man studeret parkeringsforholdene ved amerikanske og tyske universiteter, og på grundlag af disse er der udarbejdet en prognose for det sandsynlige antal parkerede biler ved den nye læreanstalt i Lyngby helt frem til år 2000.

Man har endvidere søgt at opstille en model for sammenhængen mellem den gennemsnitlige parkeringstids længde og forholdet mellem »spidstimetrafikken fra parkeringspladsen« og »største antal parkerede på samme plads«.

### Fjerntrafik

Spørgsmålet om trækraften på jernbaner blev undersøgt i et eksamensarbejde af R. Leffland i 1950. Resultatet offentliggjordes i en artikel i *Ingeniøren* 1951, hvor man kom til det resultat, at der ved elektrificering af de danske statsbaners hovedlinier kunne opnås en årlig besparelse i driftsudgifter på ca. 40 mill. kr. Spørgsmålet om dieseldrift var ikke inddraget i denne undersøgelse, men blev behandlet kort efter i et af Akademiet for de tekniske Videnskaber nedsat traktionsudvalg, hvor forfatteren var medlem.

Resultatet af undersøgelsen blev at halvdelen af udvalget gik ind for dieseldrift, og den anden halvdel for el-drift. I 1962 anmodede Elværksforeningen forfatteren om at undersøge, om der, siden traktionsudvalgets betænkning fremkom, skulle være sket ændringer. Resultatet var, at prisforhold og andet ikke havde ændret sig i de forløbne år. Det konstateredes, at årsagen til, at elektrificering er mere fordelagtig i Tyskland end her, er, at de tyske baner betaler 50 øre pr. l dieselolie, mens DSB kun betaler 18 øre, alt som følge af forskel i beskatningen.

Man har også efter anmodning fra Statsbanerne arbejdet med spørgsmålet om kapaciteten af den enkeltsporede strækning fra Vordingborg over Nykøbing Falster til Rødby. Undersøgelsen er udført på EDB anlæg ved simulation af Thorup Christensen 1966.

I et eksamensprojekt 1966 undersøgte Køningsfeldt fordelingen af trafikken mellem vore byer på vej og bane. Han kom til det resultat, at på strækningen Roskilde-Korsør udgør jernbanetrafikken lidt flere enheder end vejtrafikken. Den samlede trafik på jernbane og vej tilsammen svarede til ca. 22 000 personbilenheder, hvilket må ses i relation til kapaciteten af en 4-sporet motorvej, der er ca. 33 000 personbilenheder pr. dag.

De eksisterende danske hovedbaner, specielt banerne i Jylland, tillader på grund af kurveforholdene på de fleste strækninger kun hastigheder på indtil 120 à 140 km/t. Man har foretaget en beregning af, hvad det vil koste at ombygge strækningen Fredericia-Århus til 250 km/t. Udgiften viste sig at andrage 400 mill. kr., hvilket ikke er så meget i sammenligning med statsbanernes årlige underskud.



Såfremt en Storebæltsbro med jernbanespor er anlagt vil banerne ved en hastighed på 250 km/t blive væsentlig mere konkurrencedygtige både overfor biler og fly. Driftsudgifterne pr. personkm er betydeligt mindre for baner end for fly, og vi arbejder med en økonomisk undersøgelse af, hvor meget trafikken skal vokse for, at det alt i alt bliver billigere at ombygge banerne end at udbygge flyvepladserne i Jylland. Rallis har arbejdet med Kanskys »sammenhængskonstant« for det danske fjertrafiknet og vist, at selv efter at en fast Storebæltsforbindelse er bygget, er graden af »sammenhæng« i det danske trafiknet ringere end graden af sammenhæng i tilsvarende trafiknet i Holland, Belgien og Schweiz. Rallis har endvidere udarbejdet en prognose for trafikken år 2000 og beregnet det nødvendige antal vognbaner mellem de enkelte byer for ekstremtilfælde med al trafik enten med bane eller med bil eller med fly. Fig. 4 viser det nødvendige antal vognbaner, hvis al trafik foregår med bil.

University of Southampton har for det engelske transportministerium udført en undersøgelse af, hvilke forhold der påvirker industri- og handelsvirksomhedernes valg af trafikmiddel i forbindelse med personalets længere rejser. Der ønskes udført lignende undersøgelse i Danmark, Tyskland, Schweiz og Italien, og vort institut er blevet anmodet om at udføre den danske undersøgelse. Undersøgelsen skulle være en hjælp ved forberedelsen af de kommende europæiske fjertrafikforbindelser.

#### *Cost-benefit-analyser*

I 1956 foretog Otzen i et eksamensarbejde en cost-benefit undersøgelse for omfartsvejen ved Lyngby, der viste, at ved en færdsel, der var dobbelt så stor som den daværende, ville der være en årlig besparelse på 4 mill. kroner i sparet tid, mindre benzinformbrug m.v. ved bygning af omfartsvejen. Dette sættes i relation til forrentning og afskrivning samt vedligeholdelse af den nye omfartsvej.

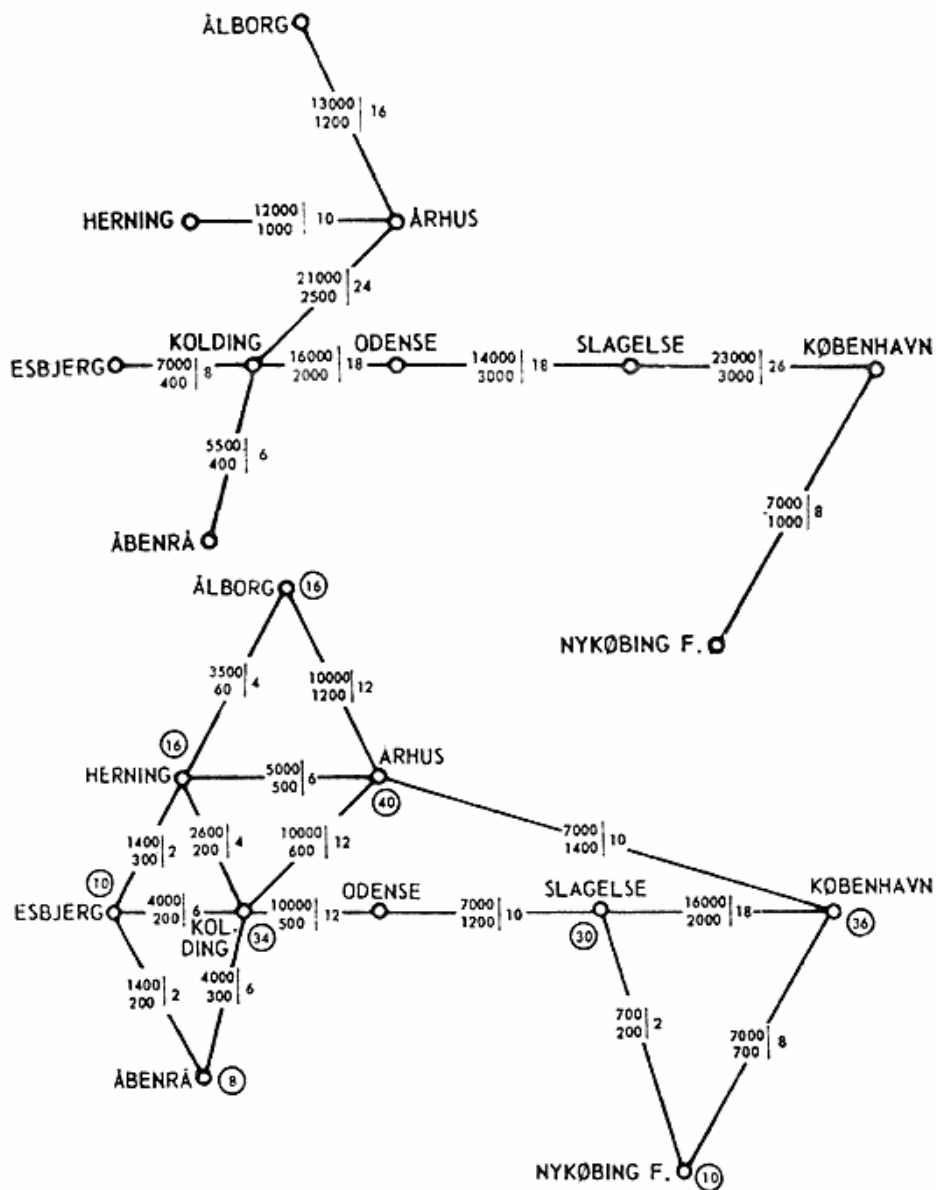
I et eksamensprojekt udført af Henning Lauritsen i 1964 undersøgte for forskellige danske omfartsveje, hvad man i virkeligheden har regnet »en sparet time« til. Det viste sig, at på grundlag af trafikken året efter åbningen, var en sparet personvognstime – for at opnå forrentning og afskrivning af anlægsudgifter ved Lyngby omfartsvej – sat til 15 kr. og ved Hernings omfartsvej til 57 kr. Man kan altså sige, at det er de værdier, som de politiske instanser – uden at vide det – har regnet med i det øjeblik, de besluttede sig til at anlægge de pågældende omfartsveje.

I et eksamensarbejde udført af A. E. Olsen i 1957 arbejdedes med den af professor Feuchtinger udarbejdede metode til bestemmelse af køretid og benzinformbrug ved kørsel på en ikke eksisterende vej med kendte stigningsforhold. Metoden blev anvendt til at bedømme køretid og benzinformbrug for henholdsvis en storebæltsbro og en storebæltstunnel. En lignende undersøgelse blev i det følgende år udført for Vejdirektoratet for henholdsvis højbro og lavbro over Vejle fjord.

Undersøgelsen af benzinformbrug og køretid er offentliggjort i tidsskriftet *Indian Builder* 1963.

I 1966 udførte Budde i et eksamensarbejde programmering af metoden for beregning for EDB anlæg.

Man har arbejdet videre med ovennævnte undersøgelse, således at der også tages hensyn til trafikbelastningens størrelse. På grundlag af kurver for sammenhængen mellem en vejs trafikbelastning og middelhastighed er udarbejdet en model, der med given sammensætning af trafikken og oplysninger om vejens type:



Figur 4. Danmark forudsættes delt op i 10 områder omkring hver af de på figuren viste større byer.

*Øverst ses:* Antallet af nødvendige vognbaner i et motorvejstræ år 2000 hvis al gods- og persontrafik foregår ad motorvej. Kun én storebæltsbro. På strækningerne er tillige anført antal personvogne og antal lastvogne i spidstimen. Der er regnet med serviceniveau C og 1,5 personer pr. bil samt 5 t pr. lastbil.

*Nederst ses:* Antallet af nødvendige vognbaner i et motorvejsnet år 2000, hvis al gods- og persontrafik foregår ad motorvej. 2 storebæltsbroer. I knuderne er anført antal skærende vognbaner. På strækningerne er tillige anført antal personvogne og antal lastvogne i spidstimen. Der er regnet med serviceniveau C og 1,5 personer pr. bil samt 5 t pr. lastbil.

længdeprofil, oversigtsforhold m.v. giver mulighed for at bestemme køretid og brændstofforbrug ved varierende trafikbelastning. Modellen er udarbejdet af Jens Rørbech efter anmodning fra Institutet for Matematisk Statistik og Operationsanalyse og Vejdirektoratet. Der ventes arbejdet videre med modellen blandt andet med en undersøgelse af sammenhængen mellem varierende udgifter til jordarbejder ved forskellige længdeprofiler for en ny vej og tilsvarende ændring af driftsudgifterne.

Rørbech har bl.a. for hovedvej A10: Kruså-Frederikshavn på de forskellige delstrækninger undersøgt, i hvor stor en procentdel af årets timer, der køres med serviceniveau A, B, C o.s.v. Dette har betydning for bedømmelse af, hvilke delstrækninger der trænger mest til aflastning, hvilket spørgsmål er behandlet af Institutet for Matematisk Statistik og Operationsanalyse.

Der er også arbejdet med spørgsmålet om bestemmelse af det optimale antal vognbaner på en ny vejstrækning eller nyt broanlæg f.eks. en øresundsbro eller storebæltsbro, idet der tages hensyn til såvel den forventede årlige trafikstigning som til rentefoden. En foreløbig meddelelse om dette arbejde blev givet på Nordisk Vejteknisk Forbunds møde i Göteborg i 1965. Undersøgelsen er dog langt fra færdig og synes mere kompliceret, end man ved første øjeblik skulle tro.

Vi har endelig også arbejdet med spørgsmålet, om hvor stor den maksimale trafik er i forhold til et trafik anlægs kapacitet, før politikerne beslutter, at et aflastningsanlæg skal bygges. Det viser sig, at man ved Lillebæltsbroen, hvor udflugtstrafikken er overvejende, tillod en forholdsvis større maksimaltrafik end over Limfjorden i Ålborg, hvor trafikken er mere ens fra dag til dag, alt inden beslutning om aflastningsanlæg vedtoges.

### *Regional Science*

Regional Science – eller som man på dansk siger: regional samfundsanalyse – er en ny videnskab, som forsøger at skabe teoretisk grundlag for region- og landsplanlægningen og som i forbindelse hermed ikke mindst undersøger trafikforholdenes betydning.

En teori om bymønsteret er i sin tid opstillet af tyskeren Lösch. Man har ved laboratoriet studeret denne teori, og i 1962 gav Rallis en meddelelse på Regional Science kongressen i Zürich om teoriens anvendelse på de danske byer.

Også i 1962 anvendte Snabe teorien for det såkaldte trafikcenter til at bestemme den optimale beliggenhed for nye universiteter i Danmark.

Samme år fik forfatteren en opfordring fra Vejdirektoratet til at undersøge de principper, der er anvendt til fastlæggelse af linieføringen for de nye motorveje i Tyskland, Schweiz og USA, herunder spørgsmålet om industrilokalisering som følge af motorvejsanlæg. Flemming Larsen har undersøgt industriudviklingen langs motorvejene i Sydtykland. Der konstateredes en stigning på 2,0 i beskæftigede pr. km<sup>2</sup> indenfor motorvejens indflydelseszoner, og 1,9 i beskæftigede pr. km<sup>2</sup> for områder udenfor motorvejenes indflydelseszoner, altså omtrent det samme. Udviklingen langs motorvejene viste sig væsentligst at ske umiddelbart i nærheden af de store byer, som motorvejene passerer.

1962 anvendte Henrik Fog en tysk metode til beregning af tidsbesparelse for alternative vejføringer på de to tyske motorvejsforslag. Undersøgelsen faldt ud til gunst for den østjyske linieføring.

En noget lignende undersøgelse udføres af Fl. Larsen i forbindelse med et licentiatarbejde. Trafikanlæggenes kvalitet for den enkelte by udtrykkes ved det såkaldte befolkningspotentiale, og man har forsøgt at finde en sammenhæng

mellem befolkningspotentiale og gennemsnitsindkomst. Såfremt der benyttes amter, fås for 1960 en korrelation mellem gennemsnitsindkomst og potentiale på  $R = 0,83$ .

En sådan model er dog så grov, at den kun kan anvendes til beskrivelse af virkningerne af virkeligt store trafik anlæg, som f.eks. en storebæltsbro. Metoden synes dog for første gang at bringe en objektiv vurdering ind i en hidtil meget subjektivt præget diskussion.

Poul O. Pedersen har i et licentiatarbejde i 1967 undersøgt storbyers geografiske struktur og hvilke faktorer, der bestemmer den geografiske fordeling af storbyers vækst. Ved anvendelse af 6 parametre, nemlig: befolkningspotentiale, bilrejsetid, afstanden til nærmeste større lokale centrum, areal udlagt til boligbebyggelse i hver enkelt zone, rejsetid til bycentret med kollektivt trafikmiddel og et politisk index for hver zone kunne forklares 74 % af udviklingen i bebyggelsen fra 1960 til 1963 i Københavns omegn.

Poul Pedersen tilbragte derefter 2 år ved universitetet i Santiago i Chile og arbejdede der på en analyse af de regionale indkomstforskelle i Sydamerika. Disse indkomstforskelle er meget store og deres reduktion er en central målsætning for den økonomiske planlægning. Efter hjemkomsten er Poul Pedersen igen ansat ved vort institut og har arbejdet videre med en undersøgelse af sammenhængen mellem innovationsspredningsprocessen og den regionale struktur i Sydamerika. Nogle af de faktorer, der søges inddraget i analysen er urbaniseringsprocessen, udbygningen af transport- og kommunikationsnettene og den internationale integration.

#### *Byplanlægning og trafik*

*Prognoser.* Man har søgt at opstille en oversigt over de kendte metoder for udarbejdelse af befolkningsprognoser, specielt for enkelte byer, og her særlig hæftet sig ved Ratio-metoden, som værende af betydning for danske forhold, og også søgt at udarbejde et regnemaskineprogram til fastlæggelse af den bedste logistiske kurve gennem en punktskare.

Vi har endvidere arbejdet med prognoser for det fremtidige boligbehov, som jeg her ikke skal komme ind på. Og vi har også arbejdet med spørgsmålet om prognoser for trafikken på nybyggede broer og herunder opstillet en kurve, der for forskellig trafikmængde inden broåbningen viser, hvor mange procent trafikken vil stige fra året umiddelbart før åbningen til året umiddelbart efter åbningen.

Dr. Rallis har i sit licentiatarbejde arbejdet med prognoser for lufttrafikens udvikling og givet en oversigt over de kendte metoder, og anvendt disse på den danske lufttrafiks udvikling. Dette prognosearbejde omtales i det svenske Luftfartsverkets rapport om Flygvægssystem fra 1967.

*EDB og byplanlægning.* Fra IBM's forskningsfond fik instituttet i 1968 en bevilling til at undersøge spørgsmålet om anvendelse af EDB i byplanlægning. Ing. Horstman ansattes i stillingen. Det viste sig ret vanskeligt at få konkretiseret, hvilke data byplanlæggeren mener at kunne have nytte af at få EDB behandlet.

Horstman har ved velvilligt samarbejde med Odense Kommune arbejdet med en metode til uddrag af data fra folkeregistret og fordeling af disse på zoner samt til EDB optegning af kort, hvor disse data automatisk vises.

*Trafik- og byudvikling.* Forfatteren har særlig beskæftiget sig med bystruktur og trafik, herunder spørgsmålet om udviklingen af biltrafikken i byens hovedtrafikårer og påvist, at i de fleste amerikanske byer er trafikken til bycentret målt i

personer aftagende fra det tidspunkt, hvor biltætheden nåede ca. 300-350 biler pr. 1000 indbyggere. En lignende udvikling har længe eksisteret for Københavns vedkommende, og dette forhold må have megen indflydelse på overvejelser om planlægningen for byernes centre. Forfatteren har også opstillet en simpel beregning for, hvor stor en by kan være, såfremt alle, der ønsker det, skal kunne køre i bil til bycentret. Såfremt byen er beliggende ved en 4-sporet motorvej, må den højst være på ca.  $\frac{1}{4}$  mill. indbyggere. Resultatet af disse undersøgelser er omtalt i en bog fra 1961 *Town and Traffic in the Motor Age*.

Efter anmodning fra komiteen, der tilrettelægger trafikstudieuger, udarbejdes til mødet i Barcelona i 1966 en oversigt over fodgængergader i danske byer. Der arbejdes videre med dette spørgsmål, herunder også med spørgsmålet, om hvilken indflydelse overgang til fodgængergade har på omsætningen i butikkerne langs denne.

I et eksamensprojekt er i 1970 arbejdet med, hvilken indflydelse en udbygning af bycentret i en provinsby til det i henhold til bygningsvedtægten tilladte maksimale etageareal, vil have på trafikken til og fra centret. Det er også undersøgt hvor mange parkeringspladser der i så fald skal etableres i centret, idet det forudsættes at alle, der ønsker det, kører i bil til centret.

En udvikling hvor udbygningen i det gamle center retarderes, og hvor der i stedet oprettes nyt butikscener i en forstad er også undersøgt med hensyn til udgifter til bygninger og trafik anlæg. Det er håbet at nå frem til en økonomisk optimal model for udbygning af provinsbyernes centerfunktioner.

P. H. Bendtsen\*

\* Professor ved Danmarks tekniske Højskole.

#### LITTERATUR

- Bendtsen, P. H. 1939. *Urban and suburban railways*. København.
- Bendtsen, P. H. 1957. The benefit ratio of the bypass road at Lyngby, Denmark. *Roads and Road Construction*.
- Bendtsen, P. H. 1961. *Town and traffic in the motor age*. København.
- Bendtsen, P. H. 1963. Influence of gradient on the traffic running costs of a new road. *Indian Builder Annual*.
- Bendtsen, P. H. 1964. Parking. I *Traffic and transportation in urban areas*, udg. International Road Federation, Paris.
- Bendtsen, P. H. 1966. Pedestrian areas in town centres and their connection with the main transport facilities. Indlæg til Traffic Engineering Study Week, Barcelona.
- Bendtsen, P. H. 1967. Traffic generation. *Social Economic Planning Sciences*.
- Bendtsen, P. H. 1968. Urban transportation and urban patterns. Indlæg til Traffic Engineering Study Week, Munich.
- Jørgensen, N. O. 1961. The capacity of roads. *Ingeniøren, International Edition*.
- Kepp, O. og L. Buskgaard. 1970. Projekt til en ny østjysk længdebane fra Fredericia til Århus. *Dansk Vejtidskrift*.
- Larsen, F. 1967. Effect of road network on economic development. Indlæg til International Road Congress, Tokyo.
- Overgaard, K. Rask. 1966. Urban traffic and transport planning - methods to determine the future loads on the traffic networks. *Acta Polytechnica Scandinavica CI 37*.
- Pedersen, P. O. 1967. An empirical model of urban population structure. Indlæg til Regional Sciences Congress, Poland.
- Pedersen, P. O. 1969. Innovation diffusion within and between national urban systems. *Geographical Analysis*.

personer aftagende fra det tidspunkt, hvor biltætheden nåede ca. 300-350 biler pr. 1000 indbyggere. En lignende udvikling har længe eksisteret for Københavns vedkommende, og dette forhold må have megen indflydelse på overvejelser om planlægningen for byernes centre. Forfatteren har også opstillet en simpel beregning for, hvor stor en by kan være, såfremt alle, der ønsker det, skal kunne køre i bil til bycentret. Såfremt byen er beliggende ved en 4-sporet motorvej, må den højst være på ca.  $\frac{1}{4}$  mill. indbyggere. Resultatet af disse undersøgelser er omtalt i en bog fra 1961 *Town and Traffic in the Motor Age*.

Efter anmodning fra komiteen, der tilrettelægger trafikstudieuger, udarbejdes til mødet i Barcelona i 1966 en oversigt over fodgængergader i danske byer. Der arbejdes videre med dette spørgsmål, herunder også med spørgsmålet, om hvilken indflydelse overgang til fodgængergade har på omsætningen i butikkerne langs denne.

I et eksamensprojekt er i 1970 arbejdet med, hvilken indflydelse en udbygning af bycentret i en provinsby til det i henhold til bygningsvedtægten tilladte maksimale etageareal, vil have på trafikken til og fra centret. Det er også undersøgt hvor mange parkeringspladser der i så fald skal etableres i centret, idet det forudsættes at alle, der ønsker det, kører i bil til centret.

En udvikling hvor udbygningen i det gamle center retarderes, og hvor der i stedet oprettes nyt butikscener i en forstad er også undersøgt med hensyn til udgifter til bygninger og trafik anlæg. Det er håbet at nå frem til en økonomisk optimal model for udbygning af provinsbyernes centerfunktioner.

P. H. Bendtsen\*

\* Professor ved Danmarks tekniske Højskole.

#### LITTERATUR

- Bendtsen, P. H. 1939. *Urban and suburban railways*. København.
- Bendtsen, P. H. 1957. The benefit ratio of the bypass road at Lyngby, Denmark. *Roads and Road Construction*.
- Bendtsen, P. H. 1961. *Town and traffic in the motor age*. København.
- Bendtsen, P. H. 1963. Influence of gradient on the traffic running costs of a new road. *Indian Builder Annual*.
- Bendtsen, P. H. 1964. Parking. I *Traffic and transportation in urban areas*, udg. International Road Federation, Paris.
- Bendtsen, P. H. 1966. Pedestrian areas in town centres and their connection with the main transport facilities. Indlæg til Traffic Engineering Study Week, Barcelona.
- Bendtsen, P. H. 1967. Traffic generation. *Social Economic Planning Sciences*.
- Bendtsen, P. H. 1968. Urban transportation and urban patterns. Indlæg til Traffic Engineering Study Week, Munich.
- Jørgensen, N. O. 1961. The capacity of roads. *Ingeniøren, International Edition*.
- Kepp, O. og L. Buskgaard. 1970. Projekt til en ny østjysk længdebane fra Fredericia til Århus. *Dansk Vejtidskrift*.
- Larsen, F. 1967. Effect of road network on economic development. Indlæg til International Road Congress, Tokyo.
- Overgaard, K. Rask. 1966. Urban traffic and transport planning - methods to determine the future loads on the traffic networks. *Acta Polytechnica Scandinavica CI 37*.
- Pedersen, P. O. 1967. An empirical model of urban population structure. Indlæg til Regional Sciences Congress, Poland.
- Pedersen, P. O. 1969. Innovation diffusion within and between national urban systems. *Geographical Analysis*.

- Rallis, Tom. 1963. Terminal transportation engineering: I: Airports. *Acta Polytechnica Scandinavica* CI 18.
- Rallis, Tom. 1967. *Capacity of transport centres*. København.
- Rallis, Tom, 1970. Decision models for Danish transport network design. 5th Operation Research, Venedig.
- Rørbech, J. 1969 a. Serviceniveaubegrebet anvendt i vejplanlægning. *Dansk Vejtidskrift*.
- Rørbech, J. 1969 b. Digital magnetic tape recorder for road traffic analysis. *Traffic Engineering & Control*.
- Sagen, R. 1967. *Traffic simulation with cathode ray tube output*. København.
- Thorson, Ole. 1967. *Traffic accidents and road layout*. København.
- Wätjen, W. 1965. *Signalisierte Strassenkreuzungen*. København.