

**Trafikkberegningsmodell
for NSB Gods**

- En forstudie -

Anne Madslie

Odd Skarstad

Lasse Fridstrøm

Tittel: *Trafikkberegningsmodell for NSB Gods*
- En forstudie -

Forfattere: *Anne Madslie
Odd Skarstad
Lasse Fridstrøm*

TØI rapport 238/1994
Oslo, mars 1994
43 sider
ISBN 82-7133-870-6
ISSN 0802-0175

Finansieringskilde: Norges Statsbaner (NSB)
Norges Forskningsråd - PROTRANS

Prosjekt: O-1980 Trafikkberegningsmodell for
NSB Gods - Forprosjekt

Prosjektleder: Anne Madslie, siv ing

Emneord: Godstransportmodell
Transportetterspørse
Nettverksmodell
Transportmiddelfordeling
STAN

Sammendrag:

I foreliggende forprosjekt er ulike modelleringsstrategier vurdert med utgangspunkt i NSBs behov for en trafikkberegningsmodell som angir etterspørselen etter godstransport med jernbane ved ulike infrastrukturinvesteringer, avgifts- eller prisendringer mv.

Tre ulike modelltyper er vurdert; en nettverksmodell, en disaggregert modell for valg av sendingsstørrelse og transportmiddel, og en aggregert varestrømsmodell. Valg av modelltype vil bli avhengig av hvilken geografisk detaljeringsgrad en ønsker for resultatene.

Title: *Railway Freight Demand Modelling*
- A Feasibility Study -

Authors: *Anne Madslie
Odd Skarstad
Lasse Fridstrøm*

TØI report 238/1994
Oslo, March 1994
43 pages
ISBN 82-7133-870-6
ISSN 0802-0175

Financed by: Norwegian State Railways (NSB)
Research Council of Norway - PROTRANS

Project: O-1980 Traffic Calculation Model for
NSB Freight Traffic

Project manager: Anne Madslie, civ eng

Key words: Freight Transportation Model
Freight Demand Model
Network Model
Modal Split
STAN

Summary:

The Norwegian State Railways has a need to develop a strategic freight forecasting and policy response model. A feasibility study has therefore been carried out, in which three different modeling approaches have been evaluated: a network model based on the STAN software, a disaggregate logit decision model of shipment size and transportation mode, or an aggregate, econometric commodity flow model predicting interzonal freight volumes by mode and commodity type. The choice of model type would depend primarily on the degree of spatial detail required from the model output.

Language of report: Norwegian

Rapporten kan bestilles fra:
Transportøkonomisk institutt, biblioteket,
Postboks 6110 Etterstad, 0602 Oslo
Telefon 22 57 38 00 - Telefax 22 57 02 90
Pris kr 100,-.

This report can be ordered from:
Institute of Transport Economics, the Library,
PO Box 6110 Etterstad, N-0602 Oslo, Norway
Telephone +47 22 57 38 00 Telefax +47 22 57 02 90
Price NOK 100,-.

Forord

På oppdrag fra NSB og PROTRANS har Transportøkonomisk institutt (TØI) gjort et forprosjekt med formål å utrede mulighetene for å utvikle en trafikkberegningsmodell for godstransporten med NSB. Ulike modelleringsstrategier er vurdert ut fra tilgjengelig datamateriale og hvilke spørsmål NSB ønsker besvart ved modellen.

Hovedformålet med en trafikkberegningsmodell for NSB er å kunne beregne hvilke skift en får i etterspørselen etter godstransport med jernbane ved større utbyggingsprosjekter i infrastrukturen, eller ved avgiftsendringer eller endrede prisstrategier for NSB eller konkurrerende transportmidler. Godsmengdene som beregnes skal framkomme fordelt på vareslag og banestrekninger.

Prosjektleder hos NSB Gods har vært Anne Cathrin Kristensen, med Wenche Høyby som prosjektansvarlig.

Prosjektleder ved TØI har vært siv ing Anne Madslie. I tillegg har cand oecon Odd Skarstad og siv øk Lasse Fridstrøm deltatt i prosjektarbeidet, sistnevnte som forskningsleder. Sekretær Laila Aastorp Andersen har stått for den endelige tekstbehandlingen av rapporten.

Oslo, mars 1994

TRANSPORTØKONOMISK INSTITUTT

Knut Østmoe
instituttssjef

Lasse Fridstrøm
forskningsleder

Innhold

Sammendrag	I
Summary	i
1 Bakgrunn og problemstilling	1
2 Dagens godstransport i Norge	3
3 Hvilken type modell har NSB bruk for?	7
4 Arbeidet med godstransportmodeller i Sverige	9
5 Nettverksmodellen STAN	11
5.1 Generelt	11
5.2 Databasen	11
5.2.1 Nettverk	12
5.2.2 Matriser	13
5.2.3 Funksjoner	14
5.3 "Assignment prosedyrer" (fordelingsalgoritmer)	14
5.4 Hvilke oppgaver kan vi løse ved STAN?	15
5.5 Hva har vi i dag og hvilke oppgaver gjenstår?	16
5.6 Definerings av kostnadsfunksjoner på lenker	17
5.6.1 Generelt	17
5.6.2 Egen analyse for parameterfastsetting	17
5.7 Oppdatering av databasen i STAN og innlegging av endringer ved analyser	18
5.8 Kan sonesystemet forenkles?	19
5.9 Hva kreves av en STAN-bruker?	20
6 Datamateriale over dagens transportstrømmer	21
6.1 Generelt	21
6.2 Lastebiltellingen	22
6.3 Sjøfartstelling	22
6.4 Transportstatistikk fra NSB	23
6.5 Terminaler/godsoverføring mellom transportmidler	23
7 Nærmere om modellering av transportmiddel og vareslag i STAN	25
7.1 Varegrupper	25
7.2 Transportmidler	26
7.3 Vanlige kombinasjoner av varegruppe, sendingsstørrelse og transportmiddel	26
7.4 Forslag til transportmidler for de ulike varegrupper	27
7.4.1 Stykkgoods	27
7.4.2 Tømmer, trelast	29
7.4.3 Annet tørrgoods ("tørrbulk")	29

7.4.4	Flytende bulk	30
7.4.5	Oppsummering	30
8	Alternative modelleringsstrategier	31
8.1	Kravet til output bestemmer modelltypen	31
8.2	Modellen må være empirisk fundert	31
8.3	En disaggregert modell for valg av sendingsstørrelse og transportmiddel	32
8.4	Aggregert varestrømsmodell	34
8.5	Begge modelltyper har betydelige svakheter	35
8.6	Økonometriske modeller i integrasjon med STAN	37
9	Konklusjoner	38
	Litteratur	40
	Vedlegg	

Sammendrag:

Trafikkberegningsmodell for NSB Gods - En forstudie -

På oppdrag fra NSB og PROTRANS har Transportøkonomisk institutt (TØI) gjort et forprosjekt med formål å utrede mulighetene for å utvikle en trafikkberegningsmodell for godstransporten med NSB. Ulike modellingsstrategier er vurdert ut fra tilgjengelig datamateriale og hvilke spørsmål NSB ønsker besvart ved modellen.

Hovedformålet med trafikkberegningsmodellen skal være å beregne hvilke skift en får i etterspørselen etter godstransport med jernbane ved større utbyggingsprosjekter i infrastrukturen, eller ved avgiftsendringer eller endrede prisstrategier for NSB eller konkurrerende transportmidler. Godsmengdene som beregnes skal fremkomme fordelt på vareslag og banestrekninger.

Valg av modelltype avhenger av hvor detaljerte resultater en ønsker

NSB ønsker primært en enkel og brukervennlig modell, og en av oppgavene i forprosjektet har vært å vurdere ulike modelltyper med tanke på dette. En må imidlertid vurdere disse ønskene opp mot kvaliteten på resultatene fra modellen, dvs i hvilken grad den klarer å gjenskape virkeligheten og gi realistiske resultater.

Ut fra NSBs ønske om å beregne konsekvenser av infrastrukturendringer mv på lenke- eller banestrekkningsnivå, vil en modell med en konkret geografisk spesifisering, dvs en *nettverksmodell*, være best egnet. Dersom det imidlertid er tilstrekkelig å kunne forutsi etterspørselsreaksjoner i sum for hele det nasjonale jernbanenettet, er det realistisk å klare seg med en modell uten en eksplisitt geografisk dimensjon. Med visse tillempinger vil det muligens også la seg gjøre å anvende en slik modelltype på terminal-til-terminal-nivå.

En hovedkonklusjon fra forprosjektet er at det, uansett valg av modellingsstrategi, vil være et relativt omfattende arbeid å utvikle en pålitelig modell for å beregne endringer i etterspørselen etter godstransport. Det er etter vår mening ikke mulig å bygge opp en *svært enkel* modell som på en faglig forsvarlig måte angir nye godsstrømmer med jernbane. En vil bli uansett måtte basere seg på bruk av meget omfattende datamaterialer, hentet fra Lastebiltellingen, Sjøfartstellingen og NSB. Disse krever atskillig bearbeiding før de kan brukes som grunnlag for modellutvikling.

Nettverksmodeller

Ved en nettverksmodell får en på en enkel måte tatt hensyn til at en infrastrukturinvestering et sted i nettet ofte påvirker svært mange transportrelasjoner. Ved beregningene blir også alle transportmidler sett i sammenheng. På denne måten får en fram endringer i aktørens valg av både transportmiddel og transportrute. Resultatene framkommer på lenke- (stasjon-til-stasjon) eller banestrekingsnivå, og kan studeres enten som vanlige resultatutskrifter eller som illustrative plott.

Et system for nettverksmodellering som peker seg ut som meget interessant og relevant for NSBs problemstilling, er den kanadiske programvaren STAN (Strategic Transportation ANalysis). I tillegg til selvstendige analyser av godstransportmarkedet, er dette systemet også velegnet til beregning av input til f eks nytte/kostnadsanalyser for ulike investeringer i infrastrukturen.

Typisk bruk av STAN er f eks å beregne konsekvenser for transportmiddelfordelingen av endringer i infrastruktur, avgifter, prispolitikk e l, eller av mer generelle endringer i OD-mønstret (fra-til-mønstret) for de produkter som betraktes. Beregningene gjøres samtidig for flere produkter og transportmidler.

Strukturen i STAN består av tre hovedelementer: nettverk, matriser og funksjoner. Nettverket representerer infrastrukturen i det området som betraktes, mens matrisene angir godsstrømmer mellom det som defineres som soner i nettverkene (f eks kommuner). Funksjonene angir hvilke kriterier aktørene velger transportmiddel og transportrute etter. Dette kan f eks være generaliserte kostnadsfunksjoner, hvor flest mulig av de faktorer som er av betydning for transportmiddelvalget tas med. Optimal løsning finnes ved at de totale (generaliserte) kostnader i hele transportsystemet minimeres.

Disaggregert modell for valg av sendingsstørrelse og transportmiddel

I rapporten er det og skissert to alternative modelleringsstrategier til en nettverksmodell. Disse skiller seg i første rekke fra hverandre gjennom graden av aggregering av datamaterialet. Den første strategien er basert på mest mulig *disaggregerte data* om de enkelte sendinger eller turer. En fordel med dette er at en unngår de aggregeringsfeil som ofte oppstår når en opererer med gjennomsnittsverdier som fjerner mye av variasjonen i datamaterialet. Én eller flere sannsynlighetsmodeller for valg av *transportmiddel og sendingsstørrelse* estimeres på grunnlag av en datafil på sendingsnivå, satt sammen fra lastebiltellingen, sjøfartstelingen og NSBs statistikker. På denne filen har en i tillegg kodet på informasjon om de ikke-valgte transportmidler for den aktuelle sending. Når modellen er ferdig estimert kan en sette inn tenkte endringer for en eller flere variable (f eks fraktpriser på jernbane), og beregne nye hypotetiske valgsannsynligheter for hver enkelt sending. Dette summeres til etterspørselsendringer i makro.

En begrensning ved modelltyper som dette er at resultatene vil gjelde for hele utvalgsområdet, dvs Norge, slik at modellen i utgangspunktet ikke er

egnet til å beregne virkningene for en bestemt banestrekning av f eks en infrastrukturinvestering. Dette kan imidlertid la seg gjøre ved spesielle tillempinger, men det er noe usikkert hvor gode resultater det gir.

Aggregert varestrømsmodell

Den andre modelltypen som er beskrevet er en *aggregert varestrømsmodell*. Her aggregeres det foreliggende datamateriale opp til et sett varestrømmer (tonn) mellom par av områder, fordelt på transportmiddel og eventuelt vareslag. Materialet må også inneholde informasjon om (gjennomsnittlige) fraktrater og transporttider og eventuelle andre forhold av betydning for transportmiddelvalget. En varestrømsmodell som dette vil i prinsippet beregne nye godsstrømmer for hver enkelt relasjon i datamaterialet. En kan likevel ikke regne med at prediksjonene på relasjonsnivå er særlig pålitelige, men i sum for landets relasjoner bør denne modelltypen kunne gi nokså pålitelige resultater.

En fordel i forhold til sendingsmodellen er at vi her kan se bort fra at noen datamaterialer beskriver turer i stedet for sendinger, samtidig som sendingsstørrelsen er uvesentlig. I og med at vi kun har tilgang på utvalgsdata, får vi observasjoner bare på et svært begrenset antall relasjoner. Dette er spesielt et problem dersom antall relasjoner er mange (f eks mellom alle kommunepar). På grunn av behovet for nøyaktighet i fraktrater og transporttider bør imidlertid ikke soneinndelingen være for grov.

Svakheter ved modellene og datamaterialet

For alle tre modelltyper som er beskrevet, fører mangler i datamaterialet til betydelige svakheter. Sammen med selve strukturen i godstransportmarkedet betyr dette at vi ikke kan regne med like pålitelige prediksjoner som på persontransportsiden.

En viktig svakhet er at en i mange tilfeller bare har informasjon om en del av transportkjeden, dvs at data om eventuell tilbringer- eller hentetransport fra hovedtransportmidlet mangler. Dette er spesielt viktig ved jernbane- og sjøtransport, da det ofte er vanlig at bil benyttes i én eller begge ender. Vi får dermed ikke fram det konkurransefortrinnet bilen ofte har ved at den kjører fra dør til dør. Vi vet heller ikke i hvilke tilfeller avsender eller mottaker av transporten har sidespor for jernbane eller ligger i tilknytning til havneanlegg eller kai, noe som utgjør konkurransefortrinn for hhv jernbane- og sjøtransport.

En annen svakhet ved de foreliggende datamaterialer er mangel på detaljert informasjon om varene, f eks varenes verdi. Ofte vet vi også bare hovedvareslaget for en sending som består av flere vareslag. I lastebilteilingen er ikke den enkelte sending registrert, kun turene. I de fleste tilfeller er imidlertid sending og tur sammenfallende enheter, slik at problemet ikke er så stort.

Et generelt problem ved godstransportmodellering er at det ikke er åpenbart hva som er den relevante enhet å studere. Av muligheter kan f eks nevnes sending, tur, tonn, tonnkilometer, kjøretøy, transportbedrift, av-

senderbedrift eller mottakerbedrift. Dette kan være et argument for en analyse på et såpass aggregert nivå at resultatene blir tilnærmet uavhengig av valg av analyseenhet. En ulempe er imidlertid at all informasjon på mer detaljert nivå går tapt når en kun benytter gjennomsnittstall.

En begrensning ved alle de nevnte modelltyper er at de vil måtte ta det samlede godstransportvolum på de enkelte relasjoner som gitt, dvs at det ses bort fra eventuell nygenerering eller reduksjon i transporterte mengder som en konsekvens av endringer i infrastruktur eller andre faktorer. En får dermed ikke trukket inn hvordan strukturen i godstransportmarkedet kan tenkes påvirket av endringer i generelle økonomiske faktorer mv. Prognoser for dette må en derfor eventuelt hente fra andre modeller.

Samordningsgevinster ved de ulike modelleringsstrategier

Selv om vi her har skissert tre prinsipielt forskjellige modelleringsstrategier, vil mye av arbeidet som skal gjøres være sammenfallende for alle metodene. Dette gjelder bl a innsamling og bearbeiding av datamateriale. En kan videre benytte informasjon fra databasen i STAN til oppbygging av datafiler for de to andre modelltypene som er beskrevet. Resultater fra estimeringen av disse kan også være til god hjelp ved etablering av "kostnads"funksjoner i STAN. Uansett hvilken modelltype en ønsker å ta utgangspunkt i, vil en altså kunne utnytte det arbeid som er gjort i forbindelse med andre modeller dersom en skifter modelleringsstrategi underveis.

Summary:

Railway Freight Demand Modelling

- A Feasibility Study -

The Institute of Transport Economics has been commissioned by the Norwegian State Railways (NSB) and the Research Council of Norway to explore the possibilities of developing a freight traffic flow prediction model for the railway network. The aim of such a model would be to provide accurate forecasts of railway freight volumes, under varying assumptions concerning freight rates, speed, infrastructure quality, and other quality factors affecting the overall demand for commodity transportation or its modal split. Preferably, freight flows should be broken down by type of commodity and forecast at the level of individual station-to-station links.

Three possible modeling approaches have been considered: (i) a network model based on the STAN computer software, (ii) a disaggregate logit decision model of shipment size and transportation mode, and (iii) an aggregate, econometric commodity flow model predicting interzonal freight volumes by mode and commodity type.

None of these strategies can be expected to provide as reliable forecasts as would be foreseeable in the analogous passenger travel demand case. The reasons for this are to be sought in the complexity of relationships governing freight market behavior and decisions, and in the insufficient availability of relevant freight transportation data. These two problems are not entirely unrelated.

Data availability

The Central Bureau of Statistics of Norway has been carrying out representative sample surveys of *road* commodity transportation every five years since 1963. We shall refer to these surveys as the *trucking surveys*, the last one of which was done in 1993.

In the trucking surveys, a probability sample of vans and trucks is drawn from the vehicle register of the Public Roads Administration. Company owned vehicles as well as those belonging to professional carriers are included. Thus, the surveys provide information, not only on hire transportation services traded in the market, but also on commodity transportation undertaken on own account by the shipper or receiver company itself.

In the 1988 survey, almost one quarter of the entire vehicle population - approximately 37 000 vehicles - were sampled for survey. Each sampled

The report can be ordered from:

Institute of Transport Economics, PO Box 6110 Etterstad, N-0602 Oslo, Norway

Telephone +47 22 57 38 00 Telefax: +47 22 57 02 90

vehicle owner was asked to report on one week's transportation activity. The total rate of response was 54 per cent.

During the survey week, the vehicle owner (or driver) is asked to record each trip, by its origin and destination (municipality), type of commodity carried, weight of cargo, trip distance, freight rate charged (hire transport only), duration of trip, etc. In the 1988 survey, a total of 45 000 trips with cargo were recorded.

As for the *sea* mode, statistical data are available on a much less regular basis. However, for the first time in 1993, sample surveys covering both the *coastal shipping* and the road transportation sectors were done in parallel. In the shipping survey, a probability sample of vessels of less than 3 000 tons of gross weight was drawn. (Larger ships are used predominantly in international traffic.)

For each ship sampled, all trips and shipments taking place during a certain three-month period were to be recorded. For each shipment carried, the respondent was asked to record the place of loading and unloading (municipality), type of commodity, weight, freight rate, etc.

Hence, in this data set it is possible to identify individual *shipments*. In the trucking survey the individual *trip* is, in principle, the smallest identifiable unit of analysis. A closer look at the 1988 trucking survey reveals, however, that even for this mode the shipment and trip units coincide in the large majority of cases, less than 15 per cent of the trips consisting of multiple shipments.

For the *rail* mode, complete disaggregate shipment level data can, in principle, be extracted from the administrative records of the one and only domestic railway company - the NSB. Information exists on the stations of origin and destination, weight or volume of shipment, type of commodity, freight rate, transportation time and distance, etc.

Unfortunately, none of these data sources contain information on the *true origin and destination* of the commodities shipped. Each survey covers only one leg in a possibly multi-leg chain of transportation. We do not know if this leg represents an integral, door-to-door freight service, if it needs to be complemented by secondary access and/or egress transportation modes at either end, or if the leg surveyed *is* in fact only the access/egress part of a much longer chain. For the rail mode, certain information on the access *or* egress legs might be obtainable from the addresses of railway freight clients, as compared to the origin and destination stations identified for the shipment. Also, in some cases the NSB assumes responsibility even for the access/egress service, leaving administrative records on this part as well.

In general, however, there is no systematic, representative information available allowing the reconstruction of entire transportation chains. This applies not only to cargo dispatched by rail, but also *a fortiori* to the trips or shipments covered in the trucking or coastal shipping surveys.

The network modeling approach

The fact that model output, in the form of freight volumes etc, is desirable at the station-to-station level, strongly suggests that a network modeling frame-

work is called for. This is the only type of model taking explicit account of the fact that the different links, junctions and customer terminals of a transportation system are highly interdependent entities, in terms of their relation to transportation supply as well as to demand. To be able to predict the impacts, at the station-to-station level, of changes taking place elsewhere in the system, a network model is most probably needed.

The development of suitable software for a network model is a demanding and costly endeavor. It would hardly be cost effective for the model user to develop her own software, starting from scratch. We have therefore assumed, throughout this study, that a network model, if developed, would make use of some commercially available computer modeling system. To be specific, we have focused attention on the challenges and opportunities offered by the STAN framework developed by Crainic et al (1990a, b).

STAN (Strategic Transportation ANalysis) is a generally applicable computer system for freight transportation modeling. It consists of three main logical components: *networks*, *matrices*, and *functions*. The *networks*, one pertaining to each logical "mode" of transportation, consists of *zones* (i.e., areas), *nodes* (junctions, stations), *links* (roads, railway lines, etc) between nodes, *transfers*, transportation *modes*, *vehicle types*, and *products* (commodities). The system stores and utilizes information pertaining to each of these types of elements. It can handle up to 800 zones, 4 800 nodes, 16 000 links, 16 000 transfers, and 30 products. There is, in practice, no effective limit on the number of modes.

The *matrices* generally contain information at the zone-to-zone (origin-destination) level, such as the volume of commodities of a given type shipped by a given mode from zone *i* to zone *j*, the (average) freight rate charged for this service, or the time spent from origin to destination.

The *functions* are, in principle, of three kinds, usually labeled as *cost*, *delay*, or *other*. Functions may be used to characterize each single *link* or *transfer*. The model is "solved" by the optimization of some user-specified function, such as, e.g., system-wide generalized cost, in which money, time and transfer costs are weighed together according to some mathematical formula.

The user is, however, free to define the actual empirical content of any type of function - cost, delay, or other, so as to capture whatever aspect that might be of interest or relevance in a given application. In general, the STAN system offers the user a considerable amount of flexibility in terms of the concepts' empirical interpretation. A logical "mode" of transportation, e.g., might very well be defined so as to encompass only a given type of commodities transported by a given (set of) mode(s).

The other side of this coin, however, is that the development and operation of a STAN network model requires considerable competence, especially in the developing phase. It must be emphasized that STAN is only a modeling *framework*, the theoretical and empirical content of which must be filled in by the model builder or user. Perhaps the most demanding task facing the model builder is the specification of the generalized cost (or other criterion) function which is to be minimized (or maximized) in a STAN solution. This function must make theoretical sense, have a sound empirical basis, and provide reasonably realistic predictions under relevant changes in

the various input variables. It should, e g, be able to reproduce the observed pattern of freight flows during a given period with acceptable margins of error.

When STAN is applied as a tool in strategic transportation planning, the standard procedure would be to first compute a *reference scenario*, interpretable as a business-as-usual situation. Starting from a given set of origin-destination matrices, one for each product, freight flows are split between modes of transportation, and assigned to the network. In other words, the model determines mode and route choice for all commodities defined, in a simultaneous optimization procedure. Freight volumes by mode and product are thus calculated for every link, taking account, e g, of the fact that capacity constraints defined for certain links or vehicle types may cause delays affecting *all* the products transported on those particular vehicles or links. In a STAN solution, these delays are traded off against, e g, the costs of re-routing or mode transfer, in such a way as to reach an (optimal) equilibrium for the system as a whole.

To study the impact of, e g, a given infrastructure improvement, an *alternative scenario* is calculated, in which this improvement is represented through certain changes in the network or in the cost or delay functions. By comparison between the reference and alternative scenarios, the impacts of the proposed modification can be evaluated, if necessary at the level of each individual link. The STAN system is equipped with an appealing graphic-interactive user interface, that facilitates the understanding and interpretation of scenario outputs even for non-expert users. A wide variety of color maps and diagrams can be produced, showing, e g, how freight flows on the various links respond to the modification introduced.

It should be noted, though, that the overall volume of (a given type of) commodities shipped between any two zones is not *predicted* by the STAN system, but *input* into it. Origin-destination flow matrices are exogenous. Thus, to implement a STAN model in practice, one typically requires a rather large amount of accurate statistical data, processed into a suitable form. The task of preparing such a data set is likely to be the most time-consuming part of any STAN modeling effort.

The disaggregate econometric modeling approach

To the extent that the user would obtain sufficient information from a model predicting *area-wide* market response (i e, if she is willing to forego the possibility of predicting freight flows at the *link* level), a modeling approach not involving explicit network simulation is worth considering.

Drawing on the important developments that have taken place in the field of (passenger) travel demand modeling, one might consider the possibility of estimating an analogous (set of) disaggregate freight mode choice model(s). In this case, the most relevant disaggregate unit of analysis would probably be the individual shipment, although - as discussed below - in freight analysis the proper choice of elementary unit is not as straightforward as in travel demand modeling.

There is, e.g., an obvious interconnection between shipment size and mode choice, trivially because a truck cannot possibly carry an entire train- or ship-load. In economic terms, the (generalized) per ton costs of transportation depend on the shipment size, but in different ways for the various modes. In fact, shipment size is a choice variable, in much the same way as mode choice. Hence it should be treated as endogenous in any disaggregate freight mode choice model. McFadden et al (1985) have demonstrated the fruitfulness of such an approach.

To develop a disaggregate model of shipment size and mode choice, we propose to build on the two important transportation data sets collected for Norway in 1993: the trucking survey, and the coastal shipping survey. Both are choice-based sample surveys detailing the individual shipments or - in the case of trucks - the individual trips. As our third and most important source of data we plan to draw on the railway freight shipment data stored by the Norwegian State Railways, or possibly on a representative sample thereof.

For all three modes taken together, a six-digit number of disaggregate units of observation (shipments or trips) would in principle be available for modeling, allowing, if necessary, for a fairly strong market segmentation. We warn, however, against dividing the data set into too many independent subsamples, as this would imply loss of information on whatever structures are common to the various market segments. Also, the information contained in a single disaggregate unit of freight is fairly limited, and the relative size of the random error term probably quite large, so that relatively large samples would be to the modeler's great advantage.

Prior to estimating mode and shipment size models on the basis of such a data set, one needs to upgrade the data set by means of (network) information on the characteristics of *all modes available for a given shipment*, such as freight rate, distance, and transport time. In the survey data, origin and destination are identifiable at the level of the individual municipality, of which there are some 440 in Norway. This defines the level of accuracy by which it will be possible to measure costs, distances, and transport time. Unfortunately, the data set would include no information on the use or need for secondary *access or egress* modes. Also, data will be missing on the potentially important *value* of the commodity shipped, although crude codes indicating commodity type, as well as its weight, will be available. A third missing data element concerns the existence of *railway sidetracks* and/or *port facilities* at the origin or destination company. This information, which ought to be available even for the trucking shipments, may be assumed to have an important bearing on the degree of competitiveness between the three modes, as evaluated at the level of the individual shipment.

For these and various other reasons (see below discussion on pitfalls and difficulties), the disaggregate freight decision model cannot be expected to yield as dependable estimates as is customary in the analogous travel demand models.

Having estimated a simultaneous mode and shipment size choice model, one could derive elasticities or other market response measures by *sample enumeration* (see, e.g., Ben-Akiva and Lerman 1985). Exogenous changes in certain independent variables are assumed, new choice probabilities are computed for each individual observation, and these probabilities are

summed through the sample to provide aggregate impact measures. These aggregate measures would, however, pertain, not to the individual link or zone-to-zone relation, but to that population of shipments from which the sample has been drawn, i.e. in this case to the entire domestic freight market in a given year. It is conceivable that measures with acceptable reliability could be obtained even for certain, large geographic segments, such as the two or three most important corridors, but in general this modeling approach should not be counted upon to give geographically specified market response output.

There is reason to suspect that the sample enumeration method as applied to a sample of shipments rather than, as usual, to a sample of human travelers might be subject to a certain disaggregation or endogeneity bias, the size of which is hard to tell. We elaborate on this problem below.

The aggregate freight flow modeling approach

A third possible modeling approach would be to estimate the determinants of zone-to-zone freight volumes by means of linear regression analysis or a logit type aggregate modal split model. In such an analysis, each zone pair would constitute one unit of analysis. The dependent variable would be the aggregate freight flow (in tons) by mode and - data permitting - commodity type. As independent variables one would use average freight rates, transport times, etc, calculated for each zonal pair, and possibly also the variance of these measures, as these may be assumed to express the reliability or punctuality of service.

In principle, the data base needed for such a study can be constructed from the individual trip/shipment data contained in the trucking and coastal shipping surveys and in the state railway files, by simple aggregation. Since, however, only a sample of road and sea shipments are available for analysis, freight flow estimates are bound to be very imprecise for all but a few important zone pairs. This is especially true if one chooses to segment the market by commodity type.

To minimize the error of aggregation concerning freight rates and other zone-to-zone attributes, one has interest in using as finely specified a zone system as possible. As in the disaggregate shipment choice analysis, the best we can do is to define each municipality as one zone. Since, however, there are almost 200 000 possible municipality pairs in Norway, most zone-to-zone relations will have zero road or sea transport observations, and only a few relations will exhibit enough shipments to provide reasonably reliable sample estimates of freight population characteristics.

To meet this problem, one could (i) define larger zones, (ii) limit the analysis to a smaller set of zone pairs exhibiting a minimum number of shipments surveyed, and/or (iii) develop a customized econometric technique to take proper account of the larger measurement error pertaining to the smaller interzonal freight flows. None of these solutions seem ideal. By enlarging the zones, one increases the measurement error. By limiting the analysis to higher volume relations, one introduces a potentially important selectivity bias into the sample, since there might well be substantive economic reasons

behind the low (mode-specific) freight flow on a given zone-to-zone relation. One would therefore wish to exploit the information contained even in low volume freight flows. As for the appropriate econometric technique, the choice is not straightforward, since there is no obvious way to specify the error distribution for the number of tons shipped by a certain mode according to a sample of shipments of different sizes and different commodity types.

The aggregate freight flow approach does, however, also have certain advantages, as compared to the disaggregate approach. First, one need not be concerned about the choice of micro unit or about the simultaneity of mode and shipment size decisions. As we are working with aggregate data, these considerations have no bearing on the analysis. Second, given that the analysis is limited to higher volume freight flow relations, the number of observations becomes more manageable, each observation containing more information, than in the disaggregate modeling approach. Third, the possibility of deriving variability measures (variances) pertaining to the zone-to-zone level-of-service variables adds to the set of econometrically relevant information available.

The aggregate freight flow model would, in principle, be able to predict a freight flow for each zone pair in the data set. One must, however, warn against the presumption that these predictions could provide reliable impact measures at the geographically specified level. Only overall market response measures, such as general freight rate elasticities pertaining to the entire domestic market, would be estimable with a reasonable degree of precision.

Pitfalls and difficulties in freight market modeling

Over the last couple of decades, enormous progress has been made in the field of (passenger) travel demand modeling, partly in the form of increasingly sophisticated statistical techniques for disaggregate discrete choice analysis, and partly through the development of advanced, flexible and user friendly computer software for the simulation of traffic flows within a network.

Compared to the passenger transportation field, the state-of-the-art in the area of freight transportation modeling lags conspicuously far behind. To our knowledge, there are few - if any - examples of models providing trustworthy predictions or impact measures concerning freight volumes by, e.g. mode, commodity type, and/or transportation link. Even simple, representative measures of nationwide market response, such as mode-specific, direct or cross demand price elasticities, seem hard to come by or derive.

The reasons for the relative backwardness of freight market modeling technology are manifold.

Compared to traveling, the freight market is compellingly heterogeneous. Freight shipments differ greatly in terms of size and commodity type. Commodities differ with respect to value, weight, volume, perishability, robustness, etc.

In a freight transportation chain there are a multitude of potentially active decision-makers: the shipper, the freight forwarding agent, the carrier(s), the receiver. In a broader perspective even the manufacturer and consumer are

making important decisions bearing of freight transportation demand. Only the transported item itself - the commodity - does not get a say. This apparently trivial fact is a prime distinguishing feature of freight transportation as compared to the travel market. Traveler interviews are the main source of information for travel demand modeling. But commodities cannot be interviewed, and it is not straightforward to decide which person to interview "on behalf of" the commodity. In general, no personal respondent would, as in the case of traveling, possess all relevant information on the transportation chain.

While travelers are usually faced with a single price, or - in the case of fare discount schemes - with a set of objective and uniformly applicable rules, freight users are not necessarily price takers. Larger clients may negotiate long or short term agreements directly with certain carriers. Thus, freight rates and the tariffs upon which they rest vary greatly, and are not in general publicly available information.

Freight transportation on own account, for which price information is not only unavailable, but non-existent, is common. A number of companies choose to carry out all or part of the transportation services demanded by means of their own personnel, vehicles, or vessels.

The freight rate is only one out of a number of factors which, in an adequate structural analysis of the freight market, would need to be treated as endogenous. The same applies to factors such as shipment size or the location of suppliers or customers. Freight transportation is basically a production input factor, of which the companies may demand more or less depending on the production technology, on the prices of other inputs, and on the companies' degree of competitiveness on a national or international scale. The overall demand for freight transportation, and - in particular - the matrices of zone-to-zone commodity flows, will be sensitive to all of these influences, and probably much less stable than in the corresponding travel demand case.

In the passenger transportation case, it is a comparatively straightforward matter to draw probability samples representative of the relevant population under study. For this reason disaggregate discrete choice analysis has become the dominant approach to travel demand research. Aggregate market response measures can be derived from the disaggregate models estimated by means of sample enumeration techniques.

In the commodity transportation case, this approach is not nearly as easily applicable. Representative sampling is difficult, since sampling frames are hard to come by, and - more fundamentally - because it is not even clear which population the analyst should be sampling from. Does a well-defined "population of freight" exist? If so, what kind of elementary units does this population consist of - shipments, orders, tons, cubic feet, ton miles, vehicles, vehicle miles, trips, shipper companies, receiver companies, or carrier companies?

Assume - for the sake of the argument - that a decision has been made as to the relevant unit of observation - say, the shipment. This also defines the relevant population under study, which would have to consist of all shipments carried out during a certain period of time within a certain geographic area.

This population is, however, not nearly as stable as the corresponding population of persons used for travel demand forecasting. In fact, the individual shipment *ceases to exist* as soon as it has reached its final destination. Now, in general, there is a fair amount of temporal stability in the patterns of economic activity, and hence in the derived demand for transportation, so that next year's shipment population is unlikely to differ greatly from that of this year, in terms of its aggregate characteristics. We are, however, dealing with two entirely distinct physical populations, meaning that the same micro units making up this year's population will not reappear next year.

This tends to question the appropriateness of disaggregate modeling or sample enumeration methods as applied to freight shipment samples. An important part of the mechanisms operating in the freight market will translate into more, fewer, bigger or smaller shipments taking place between given pairs of zones - in other words into freight movements *originating or disappearing*. The shipment population itself is, in a sense, endogenous. One cannot, therefore, expect to capture or predict all the behavioral adjustment taking place in the freight market by implicitly assuming a *given* population of shipments. There is probably a kind of *disaggregation bias* inherent in such an analysis of individual shipments, because certain parts of the behavioral response is, in fact, not taking place at the shipment level, but somewhere "higher up". The size of this bias is hard to tell.

By the use of companies or vehicles rather than shipments as the micro unit of analysis, these conceptual problems can probably be greatly alleviated, but not entirely eliminated. Even the population of *freight carrier companies* will, to some extent, be variable as a result of market behavioral response, i e endogenous. Less competitive carriers are forced to close down, while new ones keep cropping up.

To minimize this kind of endogeneity bias, it might be advisable to base the disaggregate analysis - if any - on a population (or sample) of *freight user companies* rather than carriers. To the extent that freight market developments have feedback effects on the general economy, a small disaggregation bias might arise even in this case.

In summary, the disaggregate modeling paradigm that has been occupying much of the ground in travel demand analysis over the past two decades, does not necessarily carry over to freight market analysis. Important parts of the freight market behavioral response mechanisms are not adequately understood or predicted at the disaggregate level. Thus, there is a fairly strong case in favor of a more aggregate approach to commodity transportation modeling than what is typically recommended in the case of travel demand.



1 Bakgrunn og problemstilling

Det er de senere år nedlagt store ressurser i utvikling av omfattende modeller for persontransporten i Norge. Blant disse kan nevnes TØI's nasjonale persontransportmodell, som brukes til å simulere et bredt spekter av samferdselspolitiske tiltak eller utviklingstrekk. I modellen inngår delmodeller for førerkortinnehav, eie og bruk av personbil, totalt reiseomfang med alle transportmidler (reisefrekvens), reisemål- og transportmiddelvalg. Modellen er nå i ferd med å utvides slik at den også tar hensyn til den geografiske dimensjon, i den forstand at den simulerer vegvalg og legger trafikkstrømmene ut på nettverksnivå.

For godstransporten ligger forskningen mange hakk etter når det gjelder modellutvikling. Dette skyldes i hovedsak at det ikke i like sterk grad har vært satset på dette området, samtidig som atferden i dette markedet er svært komplisert å modellere. Markedet for godstransport er vesentlig mer uensartet enn persontransportmarkedet, og innhenting av relevant og representativ informasjon er svært komplisert, hvis i det hele tatt mulig. Det finnes derfor lite litteratur og referanser om hvilke løsninger som er å anbefale.

Bakgrunnen for foreliggende forprosjekt er at NSB har erkjent behovet for en trafikkberegningsmodell for godstransportmarkedet, og ønsker utredet mulighetene for å bygge opp en hensiktsmessig modell, samt eventuelt en skisse av hvordan en slik modell bør utformes. Dette er altså forprosjektets primære målsetting. Mer konkret kan en liste opp følgende punkter som NSB ønsker at forprosjektet skal besvare:

- Bestemme hvilke data som ønskes ut av modellen og på hvilken form de bør fremkomme.
- Bestemme hvilke parametre som skal estimeres og som er viktige for trafikkutviklingen.
- Finne ut hvilke data som er tilgjengelig og hvilke som må skaffes/innhentes.
- Vurdere ulike analyse-modeller som forefinnes mht ønsket input- og outputdata.
- Definere hvordan modellutviklingen (hovedprosjektet) skal gjennomføres.
- Vurdere om det er mulig å knytte NSBs arbeid opp mot arbeidet som gjøres på personsiden i regi av Samferdselsdepartementet (TØI's nasjonale persontransportmodell).

Et eventuelt hovedprosjekts målsetting skal være følgende:

- Utvikle en edb-basert modell eller en metode som gir oss et estimat på fremtidige godsmengder på jernbane på +/- 10% for et 10 års perspektiv.
- Lage funksjoner som gjør det enkelt å endre forutsetninger som infrastruktur, avgifter osv, og få fram endrede godsmengder på bakgrunn av dette.
- Utvikle en modell/metode som er enkel og brukervennlig.

Modellen skal kunne beregne konsekvensene av:

- Endrede interne faktorer som gir tidsgevinster som resultat, f eks forbedret jernbane-infrastruktur, effektivisert terminaldrift osv.
- Eksterne faktorer, f eks endrede avgifter, infrastrukturtiltak innen vegsektoren mv, industristruktur osv.
- Generell utvikling i godstransportmarkedet, f eks utvikling i etterspørselen etter transporttjenester, utvikling i antall aktører i markedet osv.

Målet er at den anbefalte modellen eller metoden skal kunne brukes til å beregne effekten av kjøreveistiltak, da det i neste fireårs-periode investeres flere milliarder kroner i jernbanens kjørevei. Ved at en får et verktøy som gir en mest mulig korrekte trafikkberegninger, vil en sikre en mer riktig bruk av investeringene. En har også tenkt seg modellen som et viktig verktøy i forbindelse med Godsdivisjonens strategiske valg.

En viktig oppgave i forprosjektet vil være å vurdere brukervennligheten av den eller de modeller som anbefales bygd.

2 Dagens godstransport i Norge

Før vi går nærmere inn på modellbygging og hvilken modell det vil være hensiktsmessig å utvikle for NSB, kan det være nyttig med en rask gjennomgang av dagens godstransport og konkurranseflater i Norge. Siste bearbejdede lastebiltelling ble gjennomført i 1988, og mye av datamaterialet skriver seg derfor fra dette året. I 1993 er det gjort nye tellinger både for lastebiltransport og sjøtransport, slik at nyere tall vil foreligge i løpet av 1994.

Vi starter med en oversikt over hvordan transportgrenenes relative omfang forandres over tiden. Transportfordelingen er et resultat av etterspørselen fra transportbrukerne og transportgrenenes konkurransedyktighet og konkurransevilkår. Endringene vil derfor skyldes endringer i transporttilbudet og/eller at det skjer forandringer i brukernes ønsker og behov over tid. I tabellen er oljetransport fra kontinentalsokkelen og transport i transitt (eks malmtransport med Ofotbanen) holdt utenfor.

Tabell 2.1. Innenlands transportarbeid (tonnkm) etter transportgren, 1970 - 1990. Prosent.

År	Sjø	Jernbane	Veg	Sum	Tonnkm i alt, mrd.
1970	69,1	9,4	21,5	100,0	14,9
1980	58,3	10,1	31,5	100,0	16,8
1985	53,4	10,2	36,4	100,0	17,6
1986	50,0	10,1	39,9	100,0	17,9
1987	49,5	9,3	41,2	100,0	18,4
1988	47,2	8,9	43,9	100,0	18,4
1989	46,7	9,8	43,5	100,0	18,1
1990	47,5	9,2	43,4	100,0	17,7

Kilde: Konkurransflater i godstransport 1983-1988.

Tabellen viser at det har vært en viss vekst i samlet godstransportarbeid i perioden 1970-1990. Sjøtransportens andel av samlet transportarbeid har sunket sterkt siden 1970, vegtransportens andel har økt tilsvarende. Jernbanetransportens andel av transportarbeidet har vært nokså konstant over perioden.

De ulike transportgrenene er i større eller mindre grad innrettet på ulike deler av transportmarkedet, mht sendingsstørrelse, krav til framføringstid, transportavstand mv. I følgende tabell er fordelingen av transportert mengde på de ulike transportgrenene vist ved ulike transportlengder:

Tabell 2.2. *Transportmengde (tonn) i avstandsgrupper etter transportmiddel. Prosent og mill tonn. Tall for 1988 (1985 for skip).*

Transport- middel	Under 30 km	30 - 150 km	150 - 400 km	400 km og over	Prosent i alt	Mill tonn
Sjø	2	22	31	46	10	26,1
Jernbane	0	6	11	19	3	7,7
Veg	98	72	58	34	87	224,0
Sum	100	100	100	100		
Prosent i alt	66,9	23,9	5,7	3,3	100	
Mill tonn	172,4	61,7	14,6	8,5		257,8

Kilde: Konkurransflater i godstransport 1983-1988.

Hvis vi sammenligner tallene for tonnmengder i 1988 med de tilsvarende tall for transportarbeid i tabell 2.1, ser vi at fordelingen på transportgrenene er svært forskjellig. Dette skyldes at vegtransporten er nesten enerådende på de korteste relasjonene, mens jernbane- og sjøtransporter hovedsakelig foregår over lengre strekninger. Vi ser imidlertid at vegtransporten har en relativt høy markedsandel også på de lengste strekningene, selv om sjøtransporten her er størst.

Hvis vi sammenligner veg og bane, har vi at gjennomsnittlig transport-avstand er lengst på bane, slik at antall tonnkm blir relativt sett høyere. Statistikken viser likevel at en stor del av godsmengden med bane går over nokså korte distanser, faktisk blir over 50 prosent av godset på bane transportert kortere enn 15 mil.

En dominerende del av samlet godsmengde på jernbanen hører til varegruppene malmer, rå mineraler og skrapjern (CTSE-gruppe 7 og 8), spesielt gjelder dette transportene over kortere avstander. Dette er i stor grad spesialtransporter, hvor jernbane er bygget og utstyr anskaffet med sikte på helt bestemte transportoppdrag. Det er derfor neppe naturlig å betrakte disse transportene som gjenstand for konkurranse mellom bil og bane.

Samlet vognlastgods med jernbane innenlands utgjorde knapt 7.6 mill tonn i 1988. Ser vi bort fra varegruppe 7 og 8 er vi nede i knapt 4 mill tonn. Følgende tabell viser avstandsfordelingen for vognlastgodset:

Tabell 2.3. *Vognlastgods med jernbane innenlands. 1988.*

Transport- lengde	Alle varegrupper		Alle unntatt varegr 7 og 8	
	1000 tonn	Prosent	1000 tonn	Prosent
Under 30 km	804,4	10,6	144,6	3,7
30 - 149 km	3574,1	47,3	968,9	24,5
150 - 399 km	1568,9	20,7	1488,4	37,6
400 km og over	1617,4	21,4	1356,2	34,3
I alt	7564,9	100,0	3958,2	100,0

Kilde: Konkurransflater i godstransport 1983-1988.

Hvis vi holder varegruppe 7 og 8 utenfor, ser vi at til sammen over 70 prosent av godset blir transportert 15 mil eller lengre, og ca 34 prosent 40 mil eller lengre. Denne fordelingen etter avstand er en bekreftelse på at jernbanen, bortsett fra i spesielle tilfelle, er mest aktuell som konkurrent til biltransport på lengre avstander.

I rapporten "Konkurransflater i godstransport 1983-1988" er det også sett på hvor stor andel av lastebiltransportene som konkurrerer med jernbanetransport i den forstand at de går på strekninger med parallell jernbanetransport. En slik strekning er definert ved at det i 1988 var jernbanestasjon med godstransport i kommunene for både start og endepunkt.

Det viste seg at 65.9 prosent av lastebilturene startet i kommune med jernbane, en tilsvarende andel sluttet i en slik kommune, mens 58.3 prosent av turene både startet og endte i kommune med bane.

Som en oppsummering av konkurranseflatene mellom bil og jernbanetransport, stiller vi opp følgende tabell hvor godset er fordelt mellom de to transportgrenene på tre avstandsgrupper:

Tabell 2.4. Godsmengde i innenlands godstransport med lastebil og jernbane (vognlast), etter avstand. Mill tonn. 1988.

Transportmiddel	Under 150 km	150 - 399 km	400 km og over	I alt
Lastebil				
- i alt	208,9	8,3	2,8	220,0
- m/parallell bane	125,7	4,8	1,4	131,9
Jernbane*) (vognlast)	1,1	1,5	1,4	4,0
I alt	210,0	9,8	4,2	224,0

*) CTSE-varegruppene 7 og 8 er holdt utenfor.

Kilde: Konkurransflater i godstransport 1983-1988.

Vi tolker tabellen slik at det nesten bare er på lengre strekninger at det i dag er en reell konkurransesituasjon mellom bil og bane. Selv om jernbanen også har et visst volum på distanser under 15 mil, er andelen i forhold til vegtransporten forsvinnende liten.

Dersom vi også tar med konkurransen til sjøtransport, begrenser oss til å se på transporter over 15 mil, og deler inn i stykkgoods og annet, får vi følgende tabell:

Tabell 2.5. Innenlands transportkvanta med bil og jernbane, i konkurranse med hverandre eller med båt. Transporter over 15 mil. Mill tonn. 1988.

Transportmiddel	Stykkgoods	Annet	I alt
Biltransport			
- i alt	7,3	3,8	11,1
- i konkurranse med jernbane	4,0	2,2	6,2
- i konkurranse med kystbåtrute	2,8	0,8	3,6
- i konkurranse med jernbane eller kystbåtrute	5,2	2,4	7,6
- i konkurranse med både jernbane og kystbåtrute	1,7	0,5	2,2
- mellom kyst-kommuner uten direkte kystbåtrute	1,1	0,5	1,7
Jernbanetransport			
- vognlast i alt	1,3	1,9	3,2
- i konkurranse med bil	1,3	1,6	2,9

Kilde: Konkurransflater i godstransport 1983-1988.

Tabellen gir i hovedsak en oversikt over hvor stor del av de lengre biltransportene som foregår i konkurranse med bane og båt. Vi har dessverre ikke tall for hvilken andel av jernbanetransportene som har rutebåt som konkurrent. Dette skyldes bl a mangler i statistikken for rutegående båt.

3 Hvilken type modell har NSB bruk for?

Selv om det tidligere er bygget opp diverse modeller for godstransport både ved TØI og andre steder, er det såvidt vi kjenner til ingen som i dag er egnet til å gi svar på den type problemstillinger som NSB nå reiser. I og med at en ønsker å beregne f eks konsekvensene på *lenke- eller banestrekingsnivå* av konkrete investeringer i infrastruktur, er det mest nærliggende å tenke på en *nettverksmodell*, dvs en modell som inneholder en geografisk dimensjon. En slik modell tar hensyn til hvordan en investering i infrastrukturen påvirker *alle* transportrelasjoner, og hvordan dette kan føre til endringer i aktørens valg av f eks transportmiddel og transportrute.

Gitt at en nettverksmodell er fornuftig spesifisert, er det mulig å beregne relativt detaljerte konsekvenser av at f eks en gitt del av skinnegangen utbedres. En slik utbedring må angis ved redusert distanse, kortere transporttid eller høyere hastighet. Hvis en tenker seg at det skjer en innkorting av skinnegangen, slik at transporttiden reduseres på en delstrekning, vil en i nettverket legge inn denne endringen én gang. Alle relasjoner som benytter den aktuelle banestrekningen vil da automatisk få redusert transporttid. Ved andre typer modeller vil en være nødt til å endre transporttiden manuelt for hver og en av relasjonene som blir påvirket av innkorting, et arbeid som fort blir omfattende dersom det er mange relasjoner som studeres.

En annen fordel med nettverksmodeller er de muligheter de gir for grafisk presentasjon av resultatene. I og med at alle punkt er stedfestet geografisk ved koordinater, kan en ta ut illustrative plott i tillegg til andre resultatoversikter.

En begrensning ved nettverksmodellene er imidlertid at de ofte tar det totale transportomfang som eksogent gitt, dvs at det ses bort fra eventuell nygenerering eller reduksjon i transporterte mengder som en konsekvens av de endringer som forutsettes i infrastrukturen. Slike effekter vil imidlertid alltid være svært usikre.

Fra NSB's side er det ønskelig med en modell som er enkel og brukervennlig samtidig som den gir realistiske og fornuftige svar. Dette er dessverre ofte vanskelig å kombinere, men det bør være et mål en i størst mulig utstrekning jobber mot.

Godstransportmodeller som tidligere er laget på TØI er alle av en mer aggregert art enn nettverksmodeller, ved at en i de fleste tilfeller kun ser på endringer i transportomfang for landet som helhet eller for et bestemt transportmiddel. En ser bort fra at utviklingen kan være ulik på forskjellige strekninger og i ulike geografiske områder. Flere av modellene bygger på nasjonalregnskapsdata, og er først og fremst laget med tanke på å studere virkninger av politiske beslutninger, som f eks drivstoffavgifter, samtidig som de tar hensyn til den generelle økonomiske utvikling i samfunnet. Ingen av disse

modellene er utstyrt med geografiske kjennetegn, og kan derfor i dette prosjektet i beste fall benyttes som en hjelp når det gjelder fremskriving av totale godsmengder.

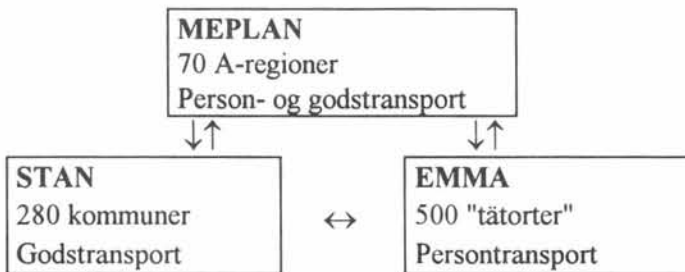
Det vil neppe være hensiktsmessig å knytte arbeidet med en gods-transportmodell direkte opp til det arbeid som foregår på personsiden i forbindelse med TØI's nasjonale persontransportmodell, både fordi det er såpass store forskjeller når det gjelder hvordan person- og godstransporten bør modelleres, og fordi datamaterialet er svært forskjellig.

Dersom en velger en nettverksmodell for godstransporten vil imidlertid deler av det arbeidet som er gjort i forbindelse med persontransportmodellen kunne overføres direkte (enkelte nettverk mv). En vil også få fram resultater som er sammenlignbare og som trolig kan presenteres samlet.

I kapittel 8 vil vi komme nærmere inn på *alternative modelleringsstrategier* til nettverksmodeller. Først vil vi imidlertid gi en kort oversikt over hvordan en har gått fram i Sverige for å bygge opp et konsistent modellsystem. På dette feltet ligger man i Sverige et stykke foran Norge, i og med at en der allerede for flere år siden satte i gang arbeid med å etablere en nasjonal modell for godstransporten. Vi vil også se noe mer detaljert på en konkret nettverksmodell når det gjelder oppbygging, funksjon og krav til datamateriale.

4 Arbeidet med godstransportmodeller i Sverige

I Sverige startet en for en del år tilbake med å bygge opp omfattende modeller både for person- og godstransport. Deler av dette arbeidet er beskrevet i rapporten "Gemensamma vägar" fra Vägverket (1990). For å analysere dagens og fremtidens godstransport er det utviklet tre modellsystem. Disse utfyller hverandre og betrakter godsstrømmene på tre ulike geografiske nivå:



MEPLAN er utviklet og tilpasset for den groveste geografiske inndelingen, med Sverige inndelt i 70 såkalte A-regioner. Omverdenen beskrives av knapt ti eksport- og importregioner. Både person- og godstrafikk simuleres og behandles i denne modellen. I systemet inngår fire transportnettverk i form av veg-, jernbane-, fly- og sjøfartsnett. Modellens styrke ligger i at den gjengir og simulerer sammenhenger mellom regioners økonomiske utvikling, bruk av gods- og persontransportnettverkene, samt transport- og reisekostnadenes betydning for regioners økonomiske utvikling. Modellen har rekursive sammenhenger som medfører at reise- og transportmønstret kan forandres over tid avhengig av økonomisk utvikling og forandringer i transportnettene. Systemets kompleksitet gjør at den geografiske inndelingen er meget grov.

STAN er en transportmodell for analyse og simulering av godstransportstrømmer. Den er utviklet for en mer detaljert geografisk inndeling, basert på landets kommuner. Ved analysene i 1990 var systemets utvikling begrenset til simulering av godstransportstrømmene på vegnettet. STAN er en statisk optimaliseringsmodell, dvs at den fordeler godsstrømmene på nettverkene slik at total bruk av tid og kostnader minimeres. I Sverige er STAN foreløpig kun brukt for vegnettet.

EMMA er et tilsvarende system for simulering og analyse av persontrafikk. I Sverige er dette utviklet for et detaljert geografisk nivå der landet er delt inn i 500 "tätortsregioner".

Data for transportstrømmer og næringsgeografisk statistikk bygger i hovedsak på primærdata fra SCB (det svenske statistiske sentralbyrå), Transportrådet (nå nedlagt), Vägverket og SJ.

Etter at den nevnte rapporten ble skrevet, er det arbeidet med å føre nettverksmodellen for godstransport (STAN) videre til å dekke alle transportmidler. Arbeidet er imidlertid ikke ferdig, og det finnes foreløpig ingen dokumentasjon. Ved en eventuell implementering av en STAN-modell for Norge, vil vi gjennom uformelle kontakter dra nytte av svenske erfaringer.

Selv om vi pr i dag ikke vet nok om hvor hensiktsmessig STAN vil være for den type analyser vi ønsker å gjøre, anser vi den som meget aktuell i forbindelse med en eventuell modelloppbygging for NSB. En fordel med dette modellsystemet er at det allerede finnes tilgjengelig på TØI. I det følgende vil vi derfor gi en nærmere gjennomgang av modellen, hvordan den er bygd opp og hvilke problemstillinger den kan løse.

5 Nettverksmodellen STAN

5.1 Generelt

STAN (Strategic Transportation ANalysis) er en kanadisk nettverksmodell for godstransport, utviklet ved Universitetet i Montreal. Den er bygget opp over samme lest som den atskillig mer kjente persontransportmodellen EMMA (EMME/2 på engelsk). I tillegg til selvstendige analyser av gods-transportmarkedet, er modellen også velegnet til beregning av input til f eks nytte/kostnadsanalyser for ulike investeringer i infrastruktur.

STAN er en interaktiv-grafisk modell for nasjonal eller regional strategisk analyse eller planlegging av godstransport. Den håndterer flere transportmidler og flere produkter på samme tid. Modellen er strategisk ved at den egner seg for en middels- til lang tidshorison, og ved et relativt aggregert detaljeringsnivå for de ulike transporttilbud. Formålet er ofte å beregne konsekvenser i transportmiddelfordelingen av f eks større endringer i infrastruktur eller av forventede endringer i OD-mønstret for de produkter som betraktes. En gjør altså en samlet beregning av godsbevegelsene for flere produkter og flere transportmidler, mens beslutninger på mer taktisk nivå (som når togav-ganger skal være o l), ikke blir tatt hensyn til.

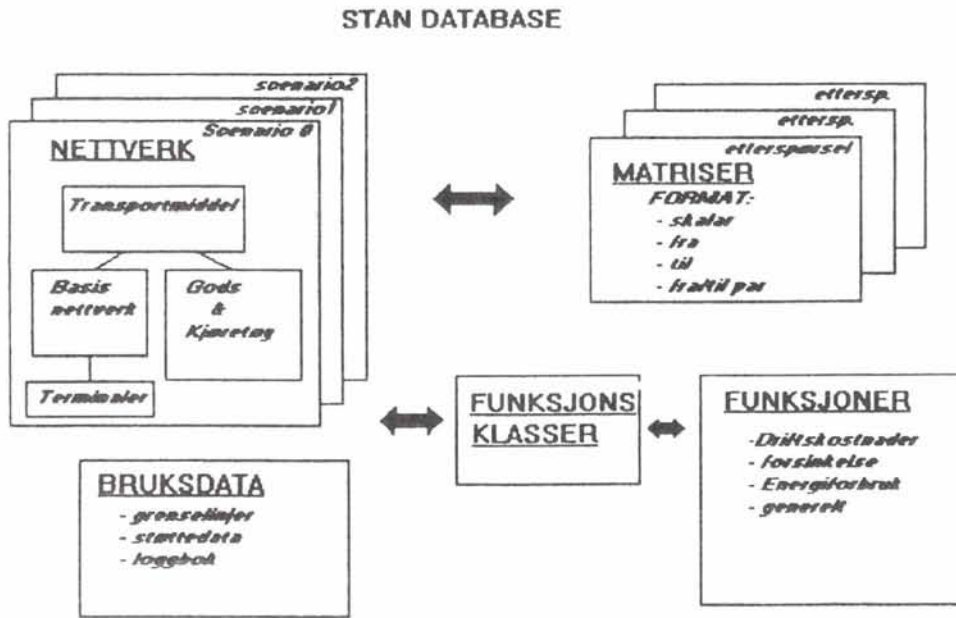
Det er viktig å være klar over at STAN ikke er en modell som umiddelbart er klar til bruk i analysesammenheng ved anskaffelse. En får kun et "modellskjelett" eller "rammeverk", og må selv legge inn infrastrukturnettverk for de ulike transportmidler, datamateriale om transportstrømmer, hvilke funksjoner som skal minimeres for å oppnå riktig transportmiddelfordeling osv. STAN inneholder optimeringsrutiner slik at løsninger finnes på det komplekse transportproblem som en ønsker løst. Videre har STAN bl a rutiner for matrisebalansering og andre matriseberegninger, samt en rekke rutiner for bearbeiding og presentasjon av resultater (utlistinger, grafiske plott mv).

På TØI har en i dag mange års erfaring med bruk av persontransportmodellen EMMA. STAN er anskaffet relativt nylig, og er ikke tatt i full bruk ennå. Vi har imidlertid startet arbeidet med oppbygging av den nødvendige databasen. Det at vi kjenner EMMA forenkler denne prosessen da vi vet hvordan systemet fungerer teknisk og hvordan det brukes. Deler av datamaterialet kan også overføres fra EMMA.

I det følgende gir vi en kort beskrivelse av hvordan STAN er bygd opp, og hva det vil kreve av arbeid for at den skal bli operativ.

5.2 Databasen

Datamaterialet i STAN kan inndeles i tre hovedkategorier: nettverk, matriser og funksjoner. I tillegg kan en legge inn såkalte "demarcation lines" eller grenselinjer, som kystlinje, riksgrense, kommunegrenser, vann, elver mv.



Figur 5.1 Databasen i STAN

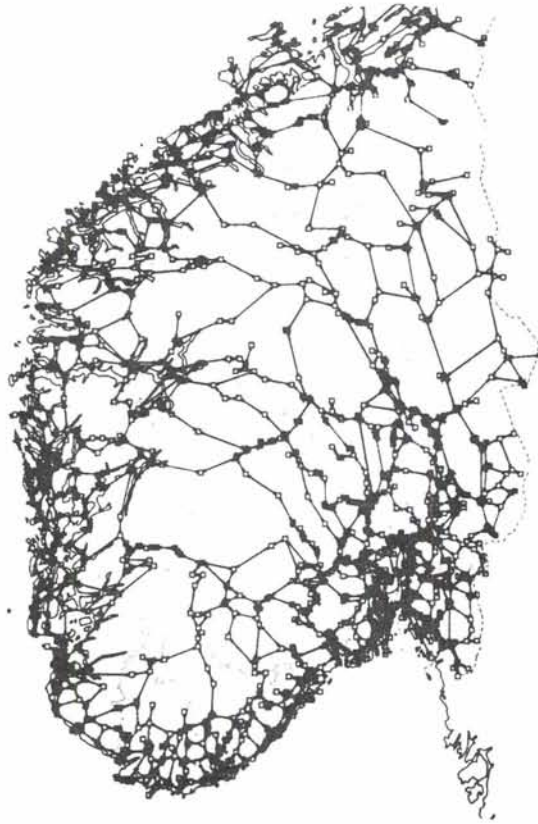
5.2.1 Nettverk

Infrastrukturen i et område er representert ved et nettverk med flere transportmidler. Sentralt i nettverket står sentroider som angir tyngdepunktet i *sonene* som defineres. Sonene utgjør geografiske områder, eks kommuner, som fungerer som start- og målpunkter for transport. Dette innebærer at kun transport *mellom soner* kan behandles og illustreres grafisk i en modell som dette.

Basisnettverket defineres ved *noder* (kryss, stasjoner o.l.) som er koordinatfestet, og *lenker* mellom nodene (vegstreknings o.l.). Lenkene defineres ved fra- og tilnode, lengde, tillatt transportmiddel, en "kostnadsfunksjon" (gjerne sammensatt som en generalisert kostnad) for hver produkttype mv. Kun ett transportmiddel er tillatt på hver lenke, en koder parallelle lenker der flere transportmidler i virkeligheten benytter samme trasé. En *transfer* (overgangsmulighet/omlastning mellom transportmidler) er gitt ved en spesifisering av overgangsnode, inngående lenke, utgående lenke og en "kostnadsfunksjon". Under er vist et eksempel på vegnettverk i STAN.

Et *produkt* kan være et vareslag e l som det er forbundet transportstrømmer med. Et *transportmiddel* er forbundet med en spesiell kjøretøytype, kapasitet og "kostnadsfunksjon".

For hvert transportmiddel, produkt, kjøretøytype, node og lenke kan brukeren, i tillegg til de nødvendige data, også spesifisere inntil tre ekstra dataelementer. En velger da data som kan være interessante for analysen, f eks observerte godsstrømmer på en lenke eller transportmiddel, tillatt akseltrykk på en lenke, skiltet hastighet e l.



Figur 5.2. STAN-koding av vegnettet i Sør-Norge

For hvert produkt defineres en *kjøretøytype* for hvert av transportmidlene. Denne er definert ved kjøretøyets egenvekt, hvilken vekt det kan transportere og eventuelt en "konvoi"vekt, dersom flere enheter settes sammen til en større (eks togvogner i et tog).

Hvert fullstendige sett med nettverksdata utgjør et scenario. En vanlig analyseform er å sammenligne resultatene fra ulike scenarier.

5.2.2 Matriser

I en nettverksmodell som STAN er en til stadighet interessert i informasjon som gjelder mellom par av soner, noe som gjør bruk av matriser til en effektiv måte å regne på. Eksempler på data på matrisenivå kan være transportstrømmer med ulike transportmiddel, transporttider, kostnader, antall omlastinger etc.

Matrisene i STAN kan enten være fulle matriser, vektorer eller skalarer. En full matrise angir f eks transportmønstret mellom alle sonepar for en produkttype, mens en vektor består av data for hver enkelt sone, f eks produksjonen av et vareslag i sonen. En skalar kan benyttes istedet for en full matrise som inneholder samme element i alle celler (er plassbesparende).

I tillegg til alle vanlige typer matriseberegninger, har STAN også matrisabalanseringsprosedyrer i to eller tre dimensjoner. Ved bruk av disse kan f eks et gitt produksjons- og etterspørselsmønster fordeles ut som en OD-matrise

med utgangspunkt i f eks informasjon om transportavstander, næringsstruktur o.l. (gitt at slike data er kjent og vi vet hvordan de påvirker transportmønstret).

5.2.3 Funksjoner

Optimal løsning i STAN finnes ved minimering av brukerdefinerte funksjoner på lenker og omlastinger/transfers. For hver lenke og transfer kan en spesifisere inntil tre enkeltfunksjoner, som ved hjelp av vektorer settes sammen til f eks en generalisert kostnad. Innhold og form på funksjonene bestemmes av den enkelte bruker, ingenting ligger forhåndsbestemt i modellstrukturen. Selv om det er brukeren som velger innhold i de tre funksjonene, omtales de ofte som kostnad, forsinkelse og "annet". Form og innhold i funksjonene kan være forskjellig etter transportmiddel, vareslag, transportlenke/terminal mv.

Vi kan f eks tenke oss den generaliserte kostnadsfunksjoner satt sammen av transportkostnader (omlastingskostnader for transfers), tidsbruk og andre faktorer av betydning for transportmiddelvalget. Funksjonene må velges slik at de angir enhetskostnader pr tonn. Multiplisert opp med godsmengde på den enkelte lenke eller transfer fås da de totale "kostnader" i systemet. Det er dette målet som minimeres ved beregning av optimal løsning.

5.3 "Assignment prosedyrer" (fordelingsalgoritmer)

Den mest generelle assignment- eller fordelingsprosedyre i STAN tar for seg flere produkter og flere transportmidler samtidig. Algoritmen er slik at godset alltid fordeles på transportmidler og transportruter på en slik måte at de totale "kostnader" i systemet minimeres. Avhengig av formålet med analysen kan en velge hva en vil la inngå i kostnadsfunksjonene (f eks generaliserte kostnader eller kun fraktbeløp eller transporttid).

Hvis formålet er å fordele gods mellom ulike transportmidler, kan en enten velge utelukkende å la funksjonene bestemme hvordan dette foregår (dvs en starter med én OD-matrise som gjelder samlet for alle vareslag og transportmidler), eller en kan angi at det for visse vareslag eller produkter kun er et eller flere av transportmidlene som er "tillatt". Ved dette kan en f eks bestemme på forhånd at all jernmalm skal gå med tog. En kan også splitte et vareslag på flere matriser og angi at hver av disse skal gå med ulike transportmidler. En står m a o fritt til selv å bestemme hvor mye en skal "stole" på modellen og hvor mye en vil påvirke selv.

En kan ikke i STAN eksplisitt angi kapasitetsgrenser med ulike transportmidler eller på ulike lenker, i stedet har en mulighet til å definere "kostnadsfunksjonene" slik at tiden eller kostnaden blir så høy når en nærmer seg kapasiteten at det fungerer på tilnærmet samme måte som en beskrankning.

5.4 Hvilke oppgaver kan vi løse ved STAN?

Hvis vi forutsetter at vi har

- ferdig kodete nettverk av tilfredsstillende kvalitet
- matriser for godsmengder mellom soner (f eks kommuner) i Norge, og
- "kostnadsfunksjoner" som fordeler godset "riktig" mellom transportmidlene (dvs som faktisk observert),

vil vi være i stand til å beregne hvilke konsekvenser en gitt investering i infrastruktur, kostnadsendring, avgiftsendring e l forventes å få for etterspørselen etter godstransport med jernbane. Resultatene framkommer på lenkenivå. Endringene som legges inn kan enten være for jernbanen, for veg- eller sjøsektoren, eller for flere transportmidler samtidig. Modellen kan også gi svar på konsekvensene av effektivisert terminaldrift dersom effektiviseringen kan uttrykkes som en endring i "kostnadsfunksjonen" for terminalen (f eks ved redusert bruk av tid eller kostnader for transportkjøperen).

Slik STAN i utgangspunktet er bygget opp, er det overføring av gods mellom transportmidlene fra en situasjon til en annen som beregnes. Det totale omfang av godstransport mellom sonene antas gitt utenfra. Dersom vi mener at totalletterspørselen etter godstransport på en relasjon endres som en funksjon av gitte tilbudsendringer, vil det imidlertid være mulig å bygge inn dette (gitt at vi vet hvordan denne sammenhengen er).

STAN er *ikke* egnet til å lage generelle *prognoser* for etterspørselen etter godstransport. Årsaken til dette er i første omgang at slike prognoser vil avhenge av flere faktorer enn de som legges inn i databasen, ikke minst den generelle økonomiske utvikling i samfunnet. Prognoser for hvordan den totale etterspørsel etter godstransporttjenester vil utvikle seg må derfor gjøres i modeller utenfor STAN, dvs *føremodeller* til denne.

Et alternativ til å bygge opp helt nye prognosemodeller på dette feltet (hvilket vi i tilfelle mener bør være et separat prosjekt), kan være å benytte en modell som allerede er bygget opp på TØI. Denne har som hovedformål å angi endringer i totalt omfang av godstransport i Norge, gitt visse utviklingsbaner (f eks fra Statistisk Sentralbyrå) og politiske beslutninger (avgifter ol). Modellen heter GODMOD, og er en generell likevektsmodell for norsk økonomi, med en særlig detaljert representasjon av markedet for godstransport (Jensen, 1993). Pr i dag beregner GODMOD bruttoproduksjonsverdien i alle sektorer, inkludert godstransportsektorene. I løpet av 1994 er det en målsetting at den også skal angi transportarbeidet eksplisitt.

GODMOD kan imidlertid ikke fordele godstransportarbeidet på sonepar (fra-til). På dette punktet vil den i overskuelig framtid antakelig måtte leve med et "manglende ledd".

Selv om STAN i prinsippet kan løse flertallet av de problemstillinger som er satt opp fra NSB's side, er det likevel langt fram og mye arbeid som må legges ned før en slik modell vil være operativ. I de følgende kapitler kommer vi nærmere inn på hvilke oppgaver som må gjøres og hva dette vil kreve av datamateriale.

5.5 Hva har vi i dag og hvilke oppgaver gjenstår?

På TØI har vi allerede etablert en database i STAN hvor riksvegnettet i Norge er relativt detaljert kodet. Datafiler fra Vegdirektoratets Vegdatabank er bearbeidet og kodet om til et vegnett på EMMA/STAN - format. Fra EMMA har vi også et ferdig kodet jernbanenett, men dette bygger på rutene for persontrafikken med NSB, og vil derfor nødvendigvis måtte endres en del for å være gyldig for godstransport. Alle kommuner i Norge er definert som soner, med kommunesentret som tyngdepunkt eller sentroide.



Figur 5.3. EMMA-koding av jernbanenettet i Norge

For å få en operativ modell for godstransporten, vil følgende deloppgaver måtte gjøres:

- oppbygging av nettverk for godstransport med jernbane
- oppbygging av nettverk for godstransport på sjø
- definerings og koding av omlastingspunkter/terminaler i nettet
- etablering av OD-matriser for godsmengder mellom sonene (fordelt på transportmidler og vareslag)
- definerings og koding av kostnadsfunksjoner på lenker og for omlastinger/transfers; disse må fungere slik at fordelingen på de ulike transportmidlene blir riktig

I de følgende kapitler vil vi gå nærmere inn på enkelte av de nevnte deloppgavene.

5.6 Definerings av kostnadsfunksjoner på lenker

5.6.1 Generelt

En viktig faktor for å lykkes med en modell som STAN, er at en klarer å bygge opp funksjoner som fordeler godsmengdene mellom de ulike transportmidlene på en måte som både gjenspeiler dagens situasjon og som gir rimelige endringer i transportmiddelfordelingen ved en endring i tilbudet for et eller flere av transportmidlene.

Som tidligere nevnt er fordelingsfunksjonene eller "kostnads"funksjonene vanligvis satt sammen av flere faktorer for å danne en generalisert kostnad. Det er imidlertid slett ikke innlysende hvilke faktorer som skal være med her og hvordan de skal settes sammen for ulike transportmidler og vareslag for å oppnå at fordelingen mellom transportmidlene blir "riktig".

5.6.2 Egen analyse for parameterfastsetting

En mulig tilnæringsmåte til denne problemstillingen kan være å foreta en separat analyse for hvordan valg av transportmiddel foretas. En kan f.eks. gjøre en logit-analyse på *sendingsnivå*, hvor en prøver å få fram både hvilke faktorer som er vesentlige ved valg av transportmiddel, og hvordan disse skal veies sammen i ulike nyttefunksjoner for hvert transportmiddel og vareslag. Alternativt til å studere enkeltsendinger kan en eventuelt betrakte den enkelte *relasjon* eller *strekning* som observasjonsenhet, og se hvordan godset fordeler seg på transportmidler på denne.

For den enkelte sending vil vi f.eks. være interessert i informasjon om vareslag for sendingen, hvilket transportmiddel som ble brukt, fraktpris, transporttid og hvor godset ble sendt fra og skulle til. I tillegg til slik kunnskap for det faktisk valgte transportmiddel, vil det også være nødvendig med tilsvarende data for alle transportmidler som alternativt kunne vært valgt. Manuell fremskaffing av dette vil være en meget omfattende oppgave, da det er ca 200 000 mulige relasjoner (kommune-kommune). En kan alternativt hente ut slike data fra databasen i STAN, forutsatt at nettverkene er ferdig oppbygd. Denne metoden er bl.a. brukt i forbindelse med oppbygging av TØI's nasjonale persontransportmodell. I praksis tar en da ut en matrise på kommune-til-kommune-nivå for hver variabel (pris, tid osv), slik at en får denne informasjonen for alle transportrelasjoner. I datamaterialet over sendinger "hektes" disse dataene på hver observasjon (sending) ut fra oppgitt fra- og tilsted for sendingen.

Variable som kan tenkes inngå i logit-modellene for valg av transportmiddel er transportkostnad og transporttid, samt andre faktorer som uttrykker egenskaper ved det enkelte transportmiddel eller den enkelte sending/strekning som kan være av betydning for valget. Dersom det er mulig å få tak i informasjon om variansen i transporttid, vil også dette være meget interessant å ta med (funnet signifikant i flere utenlandske undersøkelser). Etter at logit-modellene for transportmiddelvalg er estimert, kan faktorer og

parametre beregnet her benyttes ved etableringen av "kostnads"funksjonene i STAN.

En slik analyse det her er snakk om er imidlertid ingen liten oppgave, og trolig heller ingen nødvendighet for å etablere fornuftige funksjoner i STAN. Den ville imidlertid bidratt til funksjoner som bedre forklarer faktisk atferd enn ellers, i og med at en tar utgangspunkt i et datamateriale med reelle observasjoner.

I kapittel 8 om alternative modelleringsstrategier til nettverksmodeller vil vi komme nærmere inn på lignende framgangsmåter som her er beskrevet. Problemer knyttet opp til slike analyser tas også opp der.

5.7 Oppdatering av databasen i STAN og innlegging av endringer ved analyser

Som tidligere nevnt er hovedelementene i STAN nettverk, OD-matriser og "kostnadsfunksjoner" eller fordelingsfunksjoner. For at modellen til enhver tid skal være operativ, sier det seg selv at det må gjøres enkelte oppdateringer underveis.

Oppdatering av *nettverkene* for de ulike transportmidlene burde i prinsippet gjøres ved hver endring som skjer i infrastrukturen i Norge (eks nye veglenker, innkorting av eksisterende lenker, forbedring av vegstrekninger som fører til hastighetsøkning, nye eller forbedrede togtraséer osv). En fortløpende oppdatering av dette vil imidlertid være en uoverkommelig oppgave. Løsningen vil nok heller være at en med jevne mellomrom (f eks én gang i året) innhenter informasjon om de viktigste endringer i nettet og legger inn disse. Et åpent spørsmål er imidlertid om dette er noe NSB selv bør gjøre eller om det kanskje er mindre ressurskrevende å la eksterne krefter gjøre jobben.

En fullstendig oppdatering av *OD-matrisene* vil kun være mulig når det foreligger ny statistikk for godsstrømmene. Mens NSB kan skaffe slik informasjon hvert eneste år, går det vanligvis flere år mellom hver gang det gjøres undersøkelser for lastebil og sjøtransport. Før tellingene nå i 1993 var siste lastebilundersøkelse i 1988, og siste sjøfartstelling i 1985. Det er derfor ikke realistisk med veldig hyppige oppdateringer av matrisene. Dette er heller ikke så viktig da en vanligvis kan nøye seg med en oppdatert versjon av en eldre godstransportmatrise (på grunnlag av prognoser eller kjent faktisk utvikling) når en skal gjøre analyseberegninger eller "kjøringer". De detaljerte OD-matrisene for basisåret (1993) brukes i hovedsak til kalibrering av modellen, dvs i arbeidet med å utvikle en modell som gir mest mulig realistiske beregninger.

Funksjonene som benyttes til å fordele godstransporten på ruter og transportmidler trenger ikke oppdatering uten at det skjer endringer i noen av elementene som inngår der (eks kostnader, tider eller annet) eller i parametrene for de enkelte variable. Å si noe om parametrene (vektleggingen av de ulike variable) er vanskelig og krever trolig nye analyser av hvordan transportmiddel velges. Funksjonene må imidlertid oppdateres dersom det skjer endringer i kostnadsnivået for en av transportgrenene (f eks dyrere pr km), eller dersom sammenhengen mellom faktisk og skiltet hastighet i vegnettet endres mv.

Ved analyser vil man vanligvis studere effektene av enten endringer i nettverkene (f eks ved investeringer i infrastruktur), endringer i totale godsmengder eller OD-mønster, eller endringer i funksjonene (avgifter for et eller flere transportmidler, prisendringer, endringer i hastighet/framføringstid osv). De ulike endringene må da legges inn i forskjellige scenarier og resultatene fra disse sammenlignes. Denne type endringer i forbindelse med konkrete analyser vil vanligvis være enklere å gjøre enn fullstendige oppdateringer av databasen.

5.8 Kan sonesystemet forenkles?

I og med at jernbanenettet i Norge er så begrenset at NSB i en del områder overhodet ikke er aktuell eller konkurransedyktig for godstransport, er det lett å tenke seg at en kanskje kunne forenkle sonesystemet på et vis. Dette kan enten skje ved at enkelte områder holdes helt utenfor analysene, eller at en i visse områder slår sammen kommuner til større soner. Dersom kommuner skal slås sammen bør det i utgangspunktet gå lite eller ingen jernbanetransport til og fra dem, samtidig som de bør være relativt like når det gjelder transporttilbud ellers.

For å ha gevinst av å kutte ut eller slå sammen kommuner, må det være slik at datainnhentingene forenkles eller datagrunnlaget forbedres ved dette. I og med at det meste av datamaterialet som er aktuelt å bruke allerede finnes på kommunenivå er det tvilsomt om det vil være så mye å hente her, bortsett fra at usikkerheten i tallene reduseres noe når en ser på færre soner. En vil selvsagt også spare noe regnekapasitet i datamaskinen ved at antall soner reduseres, men dette har liten praktisk betydning.

En ulempe ved å slå sammen kommuner til store soner, er at *influensoområdet* til f eks en jernbanestasjon kan avhenge av transportens *retning*. Dette innebærer f eks at det er andre kommuner som vil bruke en jernbanestasjon til transporter som skal syddover enn til transporter nordover. Dette taler for en soneinndeling som ikke er altfor grov.

Selv om det ofte er slik at kommuner som ligger langt unna jernbanestasjon er av liten betydning for hvilke konsekvenser en infrastrukturendring, avgiftsendringer e l vil få for godstransporten med jernbane (og dermed kanskje ikke er så vesentlige i en nettverksmodell), er det viktig å være klar over at *alle* typer relasjoner er av stor betydning under arbeidet med å bestemme hvordan fordelingen på transportmidler foregår (modellestimeringen). Her er man nemlig nødt til også å ha med relasjoner som ikke benytter jernbanetransport for å få full kunnskap om i hvilken grad de ulike transportmidler velges ved ulike transporttilbud. En viktig del i dette arbeidet er nettopp å få fram hvorfor noen kommuner eller områder i liten eller ingen utstrekning bruker godstransport med jernbane.

Dette betyr at en modell som utvikles på grunnlag av data om transportstrømmer på relasjoner også må ha med relasjoner som er "uvesentlige" for NSB. I en modell basert på sendingsdata er det på samme måte helt nødvendig at en har med sendinger på relasjoner hvor det i dag ikke sendes noe med jernbane. Disse problemstillingene vil vi komme noe tilbake til i kapittel 8.

5.9 Hva kreves av en STAN-bruker?

STAN er en såpass omfattende modell at det stilles visse krav til den eller de som skal bruke den i forbindelse med analyser. For det første bør en ha en rimelig god forståelse av hvordan modellen fungerer og de beregningsrutiner som benyttes. En må også til enhver tid ha oversikt over hva som befinner seg i databasen, slik at oppdateringer og endringer gjøres på en systematisk måte.

STAN har dessverre ikke et brukergrensesnitt som gjør at en automatisk blir "styrt" gjennom de ulike oppgavene i en oppdatering eller analyse. Brukeren må selv gå inn i de enkelte bakgrunnsfiler og gjøre endringer i disse. STAN kjører under DOS, slik at det er en fordel med kjennskap til ihvertfall de enkleste DOS-kommandoer.

STAN er godt dokumentert gjennom en omfattende brukermanual (engelsk), og en kommer langt med en gjennomgang av denne, samt noen timers opplæring av en person som er godt kjent med systemet. Brukermanualen er noe teknisk skrevet, uten at dette bør være et problem for potensielle brukere. En må likevel regne med at det blir nødvendig med relativt hyppig kontakt med mer erfarne brukere den første perioden en benytter STAN. Det vil være en fordel om en bruker verktøyet jevnlig slik at en slipper å starte helt fra grunnen med opplæring hver gang.

For en som allerede kjenner persontransportmodellen EMMA og har noe erfaring med bruk av denne, er det svært liten ekstrainsats som skal til for også å kunne gjøre modellberegninger eller databaseoppdateringer i STAN. Brukergrensesnittene er nesten like, og de fleste filer som benyttes har samme format i de to modellene. En annen fordel er at resultatfiler og plott er meget like, slik at de er lette å tolke hvis en allerede kjenner det ene systemet.

6 Datamateriale over dagens transportstrømmer

6.1 Generelt

Uansett hvilken type modell en velger for godstransporten vil en ha behov for mest mulig kunnskap om omfang og fordeling av dagens godstransport på de ulike transportmidler. Som input til STAN må en vite hvilke godsmengder en har mellom alle par av soner, helst fordelt på vareslag. For å kunne vurdere om modellen klarer å gjenskape virkeligheten bør en også ha egne matriser for hvert transportmiddel.

Vi er nå i den heldige situasjonen at det i 1993 foregikk utvalgsundersøkelser for godstransport både med lastebil og på sjø. Dette betyr at vi vil ha helt ferske data når modellen eventuelt skal etableres. For at data fra NSB skal være sammenlignbare bør også disse være fra 1993.

Vi trenger i første rekke data for å etablere OD-matriser. For at slike matriser skal bli riktige, bør de i prinsippet beskrive hele transporten fra den forlater avsenderbedriften til den er fremme hos mottaker. Dette er i praksis vanskelig, da en både for jernbane- og sjøtransporter vanligvis kun registrerer hvor godset lastes på hovedtransportmidlet og hvor det settes av. Dersom transportens faktiske start- og sluttsted er langt unna jernbanestasjonen eller havnen fører denne formen for registrering til store feil i OD-matrisene. Slik undersøkelsene gjøres i dag vil vi altså i mange tilfeller ikke kjenne hele transportkjeden, og vi får dermed et dårlig grep om f.eks. kombinerte transport.

I Sverige er en nå i ferd med å sette i gang en undersøkelse med formål bl.a. å kartlegge hele transportkjedene for sendinger, samt å få et bedre grep om terminalproblematikken. Dette skal gjøres ved at bedrifter blir bedt om å registrere omfattende informasjon om alle sendinger en gitt periode. Det er stor usikkerhet om hvorvidt bedriftene vil være villige til å gi fra seg slik informasjon, så en gjør først en prøveundersøkelse av svært begrenset omfang for å se om opplegget fungerer. Dersom det viser seg å være vellykket skal hovedundersøkelsen foregå høsten 1994.

Et problem ved utvalgstillinger, er at en ved oppblåsing av materialet får at godsmengden på de transportrelasjonene som er kommet med i tellingen blir overrepresentert, samtidig som en får svært mange relasjoner uten transport. Det finnes ulike metoder for å forbedre en slik matrise, og vi vil siden vurdere hvordan dette best bør løses i vårt tilfelle.

I de følgende avsnitt beskrives hva som finnes av statistikk for de ulike transportmidlene, og hvilke svakheter denne har i forhold til bruk i STAN.

6.2 Lastebiltellingen

Lastebiltellingen har tidligere foregått med 5 års mellomrom, men kommer fra 1993 til å gå årlig (med et mindre utvalg hvert år). Tellingen er en utvalgsundersøkelse hvor et antall lastebiler plukkes ut. Disse rapporterer alle turer de utfører i løpet av en gitt uke. Det gis informasjon om start- og endepunkt for turene (kommune), turens lengde, vareslag, lastens vekt, av- og pålessingstid, kjøretid, antall fergestrekninger og for leietransport også fraktbeløp.

I og med at dette er en utvalgsundersøkelse, vil en bare få registrert transport på et fåtall relasjoner mellom kommuner. Dette er et problem når vi ønsker å lage en matrise som er representativ for all lastebiltransport i Norge over et år.

I undersøkelsen er det den enkelte biltur som registreres. Siden et billass kan omfatte flere sendinger på en tur (evnt for en del av turen), vil vi ikke ha informasjon om alle enkeltssendinger. Dette gjelder i første rekke ved samlasttransport (via speditører som Linjegods mv) og ved mye av distribusjonstransporten. I den første kategorien inngår i hovedsak noe lengre transporter, mens den siste for det meste består av korte/lokale transporter. Skarstad (1992) anslår at ca 10-15 prosent av godsmengden i samlet innenlands godsbiltransport er turer som omfatter flere sendinger. Andelen av transportarbeidet (tonnkm) anslås til omtrent det samme. Dette tallet er ikke større enn at vi bør kunne betrakte den enkelte tur i observasjonsmaterialet som én sending uten at det gir altfor store feil.

Det vil imidlertid bli interessant å følge med hvordan det går med sendingsundersøkelsen blant bedrifter i Sverige i 1994. Dersom denne er vellykket vil ihvertfall noen av problemene nevnt ovenfor til en viss grad kunne løses. Om vi får noen glede av dette, avhenger i tilfelle av om en også her i landet bestemmer seg for å gjennomføre en tilsvarende undersøkelse.

6.3 Sjøfartstelingen

Sjøfartstelingen fra 1993 er en utvalgsundersøkelse som omhandler både rutefart og løsfart for skip under 3000 bruttotonn (større skip enn dette går hovedsakelig i utenlandsfart). For hvert skip registreres alle turer som foretas i en 3-måneders periode. For hver tur oppgis laste- og lossested (kommune), vareslag, lastens vekt, fraktbeløp og transportlengde. Det gis ikke informasjon om transporttid.

I motsetning til i lastebiltellingen er en tur her definert som en mengde gods lastet samlet et sted og losset et annet. Alle enkeltssendinger blir dermed registrert. Vi unngår imidlertid ikke problemet med at utvalget kun består av transport på et fåtall av de mulige transportrelasjoner. Vi vet heller ikke hvor avsender og mottaker av godset faktisk er lokalisert, kun laste- og lossested på skip.

6.4 Transportstatistikk fra NSB

NSB har to datasystemer som i hovedsak benyttes for lagring av informasjon om godstransporten med jernbane; GTI og DAGMAR. I løpet av forprosjektet har det vært arrangert møter med de ansvarlige for begge disse systemene for å klarlegge hvilken statistikk som er tilgjengelig hos NSB når det gjelder enkeltsendinger og totale godsmengder i løpet av et år.

GTI er i hovedsak et system som registrerer selve forflytningen av godset og vognenes oppsett i togsettene. Svært mye av den informasjonen vi er interessert i finnes i dette systemet, men det overføres herfra til DAGMAR etter kort tid og slettes så umiddelbart i GTI. Informasjon om kunder, fraktavtaler etc ligger i utgangspunktet i DAGMAR, men overføres før transporten til GTI hvor det koples med sendingsinformasjon. Dette overføres samlet tilbake til DAGMAR.

DAGMAR er et system for markedsinformasjon og økonomisk styring. Det brukes blant annet til å beregne riktige priser for transportavtaler, til registrering av alle kunder, avtaler og sendinger og til rapportering av statistikk med økonomiske nøkkeltall, avvik etc. Det ser ut til at vi fra dette systemet kan få tak i det meste av den informasjon vi trenger om sendingsdata og godsstrømmer. For total godsmengde mellom alle par av jernbanestasjoner kan vi f.eks. få listet antall tonn hvert år fordelt på vareslag (NSB's 20 varegrupper), og tilsvarende for antall tonnkm. I tillegg kan en trolig få med fraktinntekt pr relasjon og vareslag.

Hvis vi ønsker å få en oversikt over alle godssendinger med NSB en gitt måned, kan vi trolig få en liste som forteller oss fra- og tilstasjon for sendingen, sendingens vekt (evt volum), fraktinntekt, vareslag, hvilken type tog sendingen gikk i (heltog, containerekspresst osv), transportens lengde og transporttiden. Dersom NSB har hatt ansvaret for henting eller utkjøring kan en og få prisen for dette. Fram til oktober 1993 ble det registrert om avsender eller mottaker av godset hadde eget sidespor, men dette er det nå slutt på.

Også for jernbanetransporten gjelder at vi ikke vet hvor sendingen *faktisk* kommer fra og skal til; kun fra- og tilstasjon. Hvis en ikke korrigerer for dette innebærer det at en forutsetter at alle avsender- og mottakerbedrifter er lokalisert nær jernbanestasjonen (i samme kommune). En mulig kontroll på om dette faktisk er tilfelle kan være å kople informasjon om transportkjøpers adresse sammen med sendingsinformasjonen. En vil da i det minste få vite hvordan bedriften i ene enden av transporten er lokalisert i forhold til jernbanestasjonen. Et alternativ kan være å ta for seg en oversikt over alle kunder og undersøke hvor stor del av transportene hvor ihvertfall den som betaler transporten er lokalisert i samme kommune som jernbanestasjonen. Selv om vi ikke får vite noe om den enkelte transport på denne måten, vil vi kunne si litt om hvor stor feil vi gjør ved en antakelse om korte transporter til og fra jernbanestasjon.

6.5 Terminaler/godsoverføring mellom transportmidler

Den statistikken som er innhentet om godstransport i Norge til i dag, inneholder svært lite informasjon om hvorvidt en sending fra et sted til et annet

foregår med *flere* transportmidler, dvs om det er omlasting fra et transportmiddel til et annet underveis. Som allerede nevnt forteller verken sjøfartstellingen eller NSB's statistikker om transportkjeden består av mer enn sjø- eller jernbanetransporten. For lastebiltransportene vet vi heller ikke om turen som er beskrevet er en hel transport eller om det er kjøring til f eks havn eller jernbaneterminal for omlasting der.

Som tidligere nevnt arbeider en nå i Sverige med å få løst dette problemet, gjennom en egen sendingsundersøkelse i bedriftene. Selv ser vi ingen grunn til å gjøre noe tilsvarende før vi ser om forsøket i Sverige blir vellykket.

Så lenge vi mangler grunnleggende informasjon om de faktiske transportkjedene i Norge, må vi dessverre akseptere at også eventuelle modeller som bygges opp ikke i tilstrekkelig grad kan ivareta denne problematikken.

7 Nærmere om modellering av transportmiddel og vareslag i STAN

Før vi i kapittel 8 ser nærmere på hva vi kan få ut av andre modelleringsstrategier enn nettverksmodeller, vil vi gå noe mer i detalj på to av de elementer som skal spesifiseres i STAN; varegrupper og transportmidler. Vi vil imidlertid presisere at vi her kun angir én av flere mulige spesifikasjoner, og at vi på et senere tidspunkt godt kan finne at noe annet vil være mer fornuftig.

Hvilke *problemstillinger* modellen skal brukes til å belyse vil blant annet være av vesentlig betydning når den endelige spesifisering av varegrupper og transportmiddel skal gjøres.

7.1 Varegrupper

Det er i STAN mulig å spesifisere *inntil 6 forskjellige* varegrupper eller produkter, men denne grensen økes i neste versjon av STAN til 30, slik at det i praksis ikke blir noen begrensning.

Etter vår vurdering er det sjelden aktuelt å bryte helt ned på de fineste vareslagsinndelinger i en godstransportmodell, med mindre et vareslag stiller bestemte krav til transportmåte, f eks mht lastbærer (tank mv), godshåndtering (termoutstyr mv) eller andre bestemte kvalitetskrav (spesielt hurtig framføring mv).

Et annet argument mot en veldig detaljert inndeling er at en for hver varegruppe må ha egne OD-matriser. I tillegg til de krav dette stiller til datamaterialet, er det vanligvis både tidkrevende og kostbart å utvikle slike matriser, noe som taler mot å operere med for mange varegrupper. Dessuten er det et viktig poeng at godstransportmatriser på detaljert varegruppenivå vil være mer *upålitelige* enn for hovedgrupper av varer, da de i hovedsak vil være basert på *utvalgstillinger*.

En grovgruppering som ofte nyttes ved TØI er en 4-delning av godset, i hhv stykkgoods, tømmer/trelast, annet tørrgoods (fast bulk) og flytende bulk (olje mv). Dette er en gruppering som ut fra ulike hensyn ofte fremstår som nyttig og interessant. Det viser seg - som vi senere skal se - at disse varegruppene i betydelig grad *skiller seg fra hverandre* med hensyn til transportlengde, transportmiddel, lastvekt mv. Dessuten er dette en gruppering som lar seg *avlede* av andre mer detaljerte varegrupperinger, som CTSE (20-gruppering) og SITC (66-gruppering), begge brukt i lastebiltellingene.

For visse formål kunne det for stykkgoods være ønskelig å dele inn i flere undergrupper, for matvarers vedkommende kunne en f eks skille mellom

fryse- og kjølevarer kontra andre matvarer. Grupperingene i utvalgstillingene gir imidlertid sjelden grunnlag for slike inndelinger.

Vi er derfor kommet til den konklusjon at ovennevnte grovdeling i 4 varegrupper er et praktisk utgangspunkt for ihvertfall en første vareslagsinndeling i STAN, da en ved dette kan studere transportstrømmer for *hovedgrupper* av varer.

Ved den nevnte grovdeling slår vi sammen varer med noenlunde *felles karakteristika* i transportsammenheng. I en modell som STAN, hvor en fordeler transporten på ruter og transportmidler, med hensikt bl a å studere virkninger av infrastrukturinvesteringer, er det neppe behov for en mer detaljert varegruppering.

7.2 Transportmidler

Med transportmidler i godstransport mener man i daglig tale vanligvis veg, bane og sjø, og i noen grad også flytransport (sistnevnte brukes en del for "lettgods", som post mv).

I STAN er det i praksis ingen begrensning med hensyn til hvor mange transportmidler en kan operere med. Man kan f eks dele vegtransporten i flere kategorier, avhengig av f eks bilstørrelse, type påbygg (tank mv), om transporten er ledd i et kombinert transportopplegg osv.

Det er vesentlig å være klar over den prinsipielt viktige forskjellen mellom transportmiddel og varegruppe i STAN. Modellen kan f eks nyttes til å finne den riktige *fordelingen av varegrupper på transportmidler*, ut fra bestemte kostnadsfunksjoner for transportmidlene (egentlig ut fra kostnader *knyttet til lenkene/terminalene* for de forskjellige transportmidlene).

For hvert transportmiddel definerer vi en "kostnadsfunksjon" for hver varegruppe som kan gå med transportmidlet. Ved dette spesifiserer vi på et vis *kombinasjoner* av transportmiddel og varegruppe (evnt også transportlengde), f eks tankbil (vegtransport av flytende bulk), stykkgods med vogn-tog (ofte langtransport), stykkgods med mindre lastebil/varebil (ofte distribusjonskjøring) mv.

7.3 Vanlige kombinasjoner av varegruppe, sendingsstørrelse og transportmiddel

Ved fordeling av transporter mellom veg, bane og sjø er det særlig tre forhold ved transportene som er viktige og ofte avgjørende:

- Godsmengde (mengde pr tidsenhet, evt sendingsstørrelse)
- Transportdistanse (OD-mønster)
- Godstype (stykkgods, bulkcluster)

I tillegg kommer andre faktorer, som forskjellige kvalitetsfaktorer, JIT ("just-in-time"), dør-til-dør osv.

På bakgrunn av blant annet tidligere studier ved TØI, f eks studier av konkurranseflater i godstransport, er noen viktige trekk ved transportmønsteret kjent:

- De *største sendingene* går oftest med skip, mens utpreget *små sendinger* (f eks opptil noen ti-talls tonn) ofte går med bil. Jernbanen kommer i en slags mellomstilling. Banetransporten konkurrerer grovt sett med skip om de store sendingene og med bilene om små sendinger.
- Mesteparten av de *korte* transportene går med bil. Dette gjelder særlig stykkgoods (distribusjonskjøring), men i stor grad også massetransport/bulkklaster (f eks "anleggskjøring"). For grovt sett alle vareslag får bane og skip en stigende andel av markedet ved økende distanse.
- *Stykkgodstransporter* går ofte med bil. På kortere avstander er biltransporten praktisk talt enerådende i stykkgodsmarkedet. Men også på lengre avstander har bilene mye av stykkgodsmarkedet, her i konkurranse med bane og delvis med rutegående båt (i mindre grad med løsfart).
- *Bulkklaster* kan enten gå med bil, bane eller båt, avhengig av last-størrelse og transportavstand. Ved korte avstander og/eller små sendinger er bil dominerende, mens båt har en tilsvarende sterk stilling ved lengre avstander og større sendinger. Jernbanen har også betydelige mengder av bulklast (tømmer, malm mv), på lange strekninger, men delvis også på de kortere. Noen baner er bygd for spesielle transport, f eks malmtransport.

7.4 Forslag til transportmidler for de ulike varegrupper

Inndelingen/spesifiseringen av varegrupper og transportmidler må være klarlagt før OD-matriser kan etableres.

For vareslag foreslår vi som sagt å benytte den 4-delingen som tidligere er brukt på TØI, basert på 20-grupperingen i CTSE (vist i vedlegg 1):

- Stykkgoods (gruppene 2, 3, 4, 10, 16, 17, 18, 19, 20)
- Tømmer, trelast (gruppe 5)
- Annet tørrgoods ("tørrbulk") (gruppene 1, 6, 7, 8, 9, 11, 14, 15)
- Flytende bulk (gruppene 12, 13)

Vi ser i det følgende nærmere på hver av de fire varegruppene, for å vurdere hvilke transportmidler som er mest vanlig brukt.

7.4.1 Stykkgoods

Samlet stykkgodstransport med bil var i 1988 73 mill tonn. Jernbanen transporterte 1,4 mill tonn stykkgoods, mens ca 3 mill tonn gikk i kystfart. Dette fordelte seg med 1,6 mill tonn i løsfart (1985) og 1,4 mill tonn i rutefart (1979).

Stykkgodstransporter består i betydelig grad av relativt *små* sendinger, i hvertfall i forhold til de andre varegruppene, som vanligvis består av mer bulk-pregede laster.

Korte stykkgodstransporter, det vil i praksis vesentlig si distribusjonskjøring, foregår så å si uten unntak med bil. *Lange* transport kan enten gå med bil, bane eller båt.

Ved modellering av stykkgodstransport er muligheter for omlasting viktig, da dette er vanlig ved transport over lengre avstander. Vi antar i følgende illustrasjon at det foreligger to alternativer for transport fra A til D:



Figur 7.1 Transportmuligheter fra A til D.

Mellom B og C antas det å være baneforbindelse, mens det ellers er bilveg. Transport mellom A og D kan gå enten

- a) med bil direkte fra A til D.
- b) med bil fra A til B (henting), omlasting til bane i B, videre med bane til C, ny omlasting der og videre med bil til D (utkjøring / distribusjon)

Både a) og b) oppfattes som interessante alternativer transportøkonomisk sett. Det er derfor viktig at STAN implementeres på en slik måte at modellen blir velegnet til å analysere valg mellom slike transportalternativer.

Ved et valg mellom alternativ a) og b) er det bl a spørsmål om *kostnaden* ved transport og omlastning, og *transportkvaliteten* (transporttid, punktlighet, fare for skade på gods mv).

Når det gjelder henting og distribusjon, dvs korte transporter av stykkgoods, viser all statistikk og erfaring at biltransport er så å si enerådende. Vi kan derfor anta at distribusjonskjøring i praksis skjer med bil (laste- og varebiler, *ikke* vogntog). Dette kan vi spesifisere i modellen slik at *korte transporter av stykkgoods bare kan foregå med bil*.

Det er ikke uten videre lett å trekke grensen for hva som skal forstås med *korte* transporter. Ut fra tilgjengelig statistikk over varestrømmer i innlands godstransport har vi satt en grense på 150 km. Dette vil si at vegtransport er eneste transportmåte ved stykkgodstransporter under 150 km.

Vi skiller således mellom to ulike vegtransporter, *langtransport* (over 150 km) og *kortere* transporter (distribusjonstransport e l), ved at disse defineres som to forskjellige transportmidler. Både i vanlig praksis, og i vår utforming av modellen, vil det være *vogntog* som utfører langtransporten, mens *laste- og varebiler* utfører de kortere transportene.

For stykkgodstransporter *over* 150 km (langtransport) antar vi at det er tre mulige transportmidler:

- Veg (vogntog)
- Jernbane
- Sjø (omfattende både rute- og løsfart)

For jernbane- og sjøtransport kan modellen lages slik at det *alltid* foregår omlasting i begge endene av transporten (for henting / distribusjon). Det vil i praksis finnes eksempler på at det ikke alltid skjer omlasting ved bane-transport, f eks dersom avsender eller mottaker har sidespor. Det kan likevel være greit å formulere modellen på denne måten, for at fordelingen av godsmengder mellom bil, bane og båt i langtransport på en håndterbar måte skal

kunne uttrykkes som funksjon av bl a omlastingskostnader og transportkostnader for de forskjellige transportmidlene.

7.4.2 Tømmer, trelast

Tømmer og trelast på veg utgjorde i følge Lastebiltellingen 1988 knapt 16 mill tonn. For jernbanen var tilsvarende tall 900 tusen tonn og for skip vel 200 tusen tonn.

Som vi ser har vegtransporten volummessig en dominerende stilling. Det er imidlertid også klart at en god del av transportene både har gått med bil og f eks bane, ved omlastinger fra det ene til det annet transportmiddel.

Det synes grunn til å anta at hovedmønstret i fordelingen av tømmer og trelast på transportmidlene har visse fellestrekk med stykkgodstransporten. Det er således åpenbart at vegtransporten har en vesentlig større del av transporten av tømmer og trelast på relativt *korte* transporter enn på de lengre. Statistikk over varestrømmer mellom fylker tyder f eks på dette.

Det er imidlertid også viktige forskjeller mellom stykkgoods og tømmer. Tømmertransport på veg foregår stort sett *bare* med vogntog, det går altså *ingen* tømmertransport med mindre kjøretøyer. Det er derfor liten grunn til å dele vegtransporten for dette markedet etter transportlengde, og vi opererer derfor med bare én type vegtransport, dvs *vogntog*.

Ved bane- og båttransport av tømmer og trelast er omlasting det vanlige, f eks overføring av last fra vogntog på veg til jernbane. Ved vegtransport unngås vanligvis omlasting.

Et viktig formål med modellberegninger av tømmertransport vil være å analysere konkurransen mellom veg- og banetransport, hvor konkurranseforholdet særlig avhenger av transportkostnadene for hhv vogntog og jernbane, samt omlastingskostnadene.

7.4.3 Annet tørrgods ("tørrbulk")

Dette er en stor varegruppe transportmessig sett, og omfatter alt fra korn og gjødning til jernmalm og kjemiske produkter. *Vektmessig* utgjør CTSE-gruppe 7 (råminerale unntatt malmer, dvs vesentlig stein og grus) en viktig tørrbulk-vare på veg (under "massetransport").

Materialet fra Lastebiltellingen 1988 viser at 98 mill tonn for varegruppe 7 og 28 mill tonn for andre tørrbulkvarer ble fraktet på veg, tilsammen 126 mill tonn. Samlet tørrbulktransport med jernbanen var 4,6 mill tonn (1990) og med skip 11,6 mill tonn (8,2 mill tonn på gruppe 7 og 3,4 mill tonn på andre tørrbulkvarer).

Det er transportmessig til dels *store forskjeller* innen denne varegruppen, spesielt når det gjelder *transportlengde*. Mens CTSE-gruppe 7 gjerne transporteres over svært *korte* avstander, gjelder ikke dette generelt for andre tørrbulkvarer.

Det er også en del variasjoner mht hvilket utstyr som brukes, bl a i vegtransporten. Ved f eks gruskjøring over korte avstander nyttes vanligvis bil uten tilhenger, mens vogntog derimot er vanlig ved transport av andre tørrbulk-varer.

Vi foreslår likevel å operere med bare én kjøretøystørrelse for vegtransport av tørrbulkvarer. Selv om ikke vogntog alltid nyttes, er det alltid *store* kjøretøyer som nyttes ved tørrbulk. Lastebilkostnadsundersøkelsen 1988 viste dessuten at kostnadene ikke var lavere pr km i massetransport enn i langtransport. I modellen vil vi derfor la vegtransport av tørrbulk være representert ved *vogntog*.

En del transportopplegg, f eks jernbanestrekninger er bygget spesielt med sikte på en bestemt transport, f eks malmbaner. Omlasting mellom f eks bil og bane er derfor ikke alltid aktuelt. I modellen vil plassering av terminaler i nettverket spesifisere omlastningspunktene, og danne grunnlag for beregning av evt omlastingskostnader for jernbane og skip.

7.4.4 Flytende bulk

Flytende bulk omfatter normalt all tanktransport, både oljeprodukter og andre flytende varer. Transport av flytende bulk foregår på veg, sjø og bane. Imidlertid utgjør banetransporten nokså *små kvanta*, i følge statistikken for 1990 bare 52 tusen tonn. Til sammenligning gikk det 7,3 mill tonn flytende bulk på veg (1988) og 2,8 mill tonn på skip i kystfart (1985).

Ved vegtransport av flytende bulk er vogntog mest vanlig, men ved visse hente- og distribusjonstransporter benyttes også bil uten tilhenger. Det er imidlertid alltid relativt *store* kjøretøyer som brukes. Vi velger i modellen å la all vegtransport av flytende bulk være representert ved *vogntog*.

For *banetransport* av flytende bulk vil det ofte kunne påløpe omlastingskostnader, ved at ekstra omlasting kan være aktuelt. For *båttransport* av flytende bulk, f eks av oljeprodukter, er det derimot mindre grunn til å anta ekstra omlastingskostnader, i og med at avsender- og bestemmelsessted for sendingene ofte ligger i havneanlegg.

Når det gjelder banetransport, ser vi forøvrig av ovenstående at transport av flytende bulk på jernbane utgjør relativt ubetydelige kvanta.

7.4.5 Oppsummering

Ut fra det foregående ser vårt forslag til varegrupper og transportmidler i STAN ut som følgende:

Stykkogs

- Under 150 km: Bare lastebil / varebil.
- Over 150 km: Vogntog, bane, båt.

Tømmer, trelast

- Alle distanser: Vogntog, bane, båt.

Annet tørrgods

- Alle distanser: Vogntog, bane, båt.

Flytende bulk

- Alle distanser: Vogntog, bane, båt.

8 Alternative modelleringsstrategier

En nettverksmodell av STAN-typen stiller, som vi har sett, forholdsvis store krav til data (både kvantitet og kvalitet), til teoretisk fundament og til brukerkompetanse. I dette kapitlet vil vi diskutere muligheten for oppbygging av et enklere modellapparat.

8.1 Kravet til output bestemmer modelltypen

Dersom modellen skal kunne forutsi effekter på lenke-nivå, f.eks. predikere trafikkbelastningen på bestemte jernbanestrekninger, kommer en neppe utenom en modell med konkret geografisk spesifisering, dvs. en nettverksmodell. Men dersom det er tilstrekkelig å kunne forutsi etterspørselsreaksjoner i sum for hele det nasjonale jernbanenettet, er det realistisk å klare seg med en modell uten en eksplisitt geografisk dimensjon. Med visse tillem্পninger vil det muligens også la seg gjøre å anvende en slik modelltype på terminal-til-terminal-nivå.

8.2 Modellen må være empirisk fundert

Det er ingen stor kunst å sette opp en matematisk modell som gir tilsynelatende rimelige prediksjoner ved endringer i fraktrater, transporttider, terminalkostnader, o.l. Dette kan gjøres ved hjelp av enkel transportøkonomisk teori, kombinert med plausible gjetninger med hensyn til modellenes ukjente parametre (elastisiteter m.v.).

En vil imidlertid ikke ha noen form for kontroll med om en slik modell samsvarer med den virkelighet den er ment å beskrive, eller bare representerer et rent fantasiprodukt. Dersom modellen skal gi pålitelige prediksjoner, er det etter vårt skjønn helt nødvendig at parametrene fastsettes, ikke gjennom gjetning, men gjennom systematisk og rigorøs analyse av data om faktisk transportbruketferd. Modellen må med andre ord være *empirisk fundert*.

Kravet til empirisk fundament er som regel strengere enn det som følger av brukerens krav til output. Selv om modellbrukeren kun er interessert i noen få nøkkelvariable, og kanskje bare i en liten del av transportmarkedet, bør en, når en tallfester modellens parametre, i prinsippet ta hensyn til *alle* de forhold som er med på å bestemme den faktiske markedsatferd. I motsatt fall vil forståelsen av denne atferden bli ufullstendig og/eller gal, noe som også vil innebære feilestimering av de få parametre vi *er* interessert i. Selv om vi f.eks. kun er interessert i hva som bestemmer etterspørselen etter jernbanetransport, er det åpenbart av avgjørende betydning for forståelsen av dette at vi også har innsikt i vegtransporten og dennes rammebetingelser, tilbuds- og etterspørselsforhold. Og om vi f.eks. kun er interessert i tidselastisiteten (dvs. i framføringstidens betydning for transportmiddelvalget), så er det, for å forstå

hvilket bidrag tidsfaktoren gir, nødvendig å ha informasjon også om alle de andre faktorer som spiller inn.

Foruten data om de ulike faktorenes verdi må en ha tilgang til en metode til å sortere de ulike faktorenes bidrag fra hverandre. Multivariat statistisk (økonometrisk) analyse (logitmodeller, regresjonsmodeller) er et slikt sett metoder, som det vil være nærliggende å anvende i denne sammenheng.

Når en skal anvende denne typen metoder, er det ikke nok å ha informasjon om alle relevante faktorer, slik disse kan måles for noen få observasjonsenheter (enheten kan være terminalområde, transportstrekning, kundebedrift, sending e l). Det kreves *mange observasjoner*, og rikelig *variasjon* mellom observasjonsenheter langs alle de dimensjoner (variable) vi ønsker å trekke inn i analysen. Det er ved å sammenholde variasjon i en avhengig variabel (f eks transportmiddelvalget) med variasjon i de(n) uavhengige variable (f eks fraktrate, framføringstid, vareverdi) en kan trekke slutninger om hvordan de ulike uavhengige variable virker.

Dette innebærer igjen at det datamaterialet en bygger analysen på, ofte må være langt større en den (evt begrensede) del av markedet en ønsker å anvende modellen på. Sett f eks at NSB kun er interessert i transportetterspørselen på noen få utvalgte strekninger. Disse strekningene alene utgjør imidlertid et altfor spinkelt datamateriale. For å forstå etterspørselen på disse få strekningene vil det være nødvendig å ha data for et mye større antall strekninger, slik at materialet inneholder variasjon med hensyn til alle relevante faktorer. Grunnlagsmaterialet må, kort sagt, være betydelig mer omfattende, både i bredde og dybde, enn modellens ønskede output.

Vi kan se for oss to mulige strategier for oppbygging av en empirisk fundert modell for godstransportetterspørsel. Begge strategier vil måtte bygge på store datamaterialer, hentet fra Lastebiltellingen, Sjøfartstelingen og NSB. Strategiene skiller seg ad i første rekke gjennom graden av aggregering i grunnlagsmaterialet. Vi vil først omtale en strategi basert på mest mulig disaggregerte data, det vil i praksis si data om de enkelte sendinger eller turer, slik disse er registrert i primærdatomaterialet.

8.3 En disaggregert modell for valg av sendingsstørrelse og transportmiddel

Fordelen med å arbeide med disaggregerte data er først og fremst at en unngår aggregeringsfeil. Ved at en utnytter informasjon om den enkelte sending (eller tur), og også predikerer "atferden" (f eks transportmiddelvalget) på sendings-/turnivå, unngår en å måtte operere med gjennomsnittsverdier som kan ødelegge eller maskere en stor del av den variasjon som er tilstede i datamaterialet, og som med fordel kan utnyttes nettopp til å forklare markedsatferden.

Ideen bak denne modelleringsstrategien er følgende. Ved hjelp av sendings- eller turdata fra lastebiltelling, sjøfartstelling og NSB opprettes en stor samlefil med informasjon om de enkelte sendinger, herunder informasjon om hvilket transportmiddel som er benyttet, hvilke fraktrater og framføringstider som gjaldt, *for det valgte transportmiddel såvel som for de ikke valgte*, samt andre data om varesendingen og/eller transportmidlet. Ved hjelp av denne

filen estimeres en eller flere sannsynlighetsmodeller for valg av *transportmiddel* og *sendingsstørrelse*, etter mønster av McFadden et al (1985). Det vil være nødvendig å betrakte begge disse variable som avhengige, (i) fordi begge variable er resultat av en (simultan) beslutning hos avsender eller mottaker, og (ii) fordi de tre transportmidlenes relative fortrinn har nær sammenheng med sendingsstørrelsen. En vil få store feil i en modell som kun beregner transportmiddelvalget for gitt sendingsstørrelse, eller omvendt.

Det er avgjørende at filen innehar informasjon om alle tilgjengelige transportalternativ, ikke bare det faktisk valgte. Det er nemlig ved å knytte *forskjellene* mellom transportmidlene til transportmiddelvalget en kan ha håp om å avsløre (estimere) etterspørselsstrukturen.

For å framskaffe best mulig informasjon om de transportalternativ som ikke ble benyttet vil det være nødvendig med et forholdsvis omfattende dataarbeid. Helt nøyaktig informasjon av denne sort vil det likevel ikke være mulig å skaffe, slik at en, til tross for at modellen er disaggregert, vil måtte leve med en viss målefeil. En vil måtte ta utgangspunkt i tellingenes/NSBs opplysninger om avsender- og mottakersted, og på dette grunnlag beregne standardiserte fraktbeløp og transporttider for de aktuelle transportalternativ. Stedsbestemmelsen vil i praksis neppe kunne gjøres med større nøyaktighet enn kommune. Det vil si at en går glipp av data om nødvendig tilbringertransport eller avstand fra avsender/mottaker til den aktuelle transportterminal/stasjon/kai. Dette vil begrense modellens forklaringskraft.

Lastebil- og sjøfartstellingene inneholder hver for seg et femsifret antall turer eller sendinger. Vi forutsetter at tilsvarende datamengder vil være tilgjengelig for NSBs jernbanesendinger. Kvantitetsmessig vil en derfor ha svært rikelig tilgang på data, så rikelig at en med fordel kan dele markedet opp i interessante segmenter, fortrinnsvis etter vareslag eller bransje. Vi vil likevel fraråde en for sterk oppsplitting av datamaterialet, og vil antyde en anbefalt minste utvalgsstørrelse på 4-5 000 sendinger/turer (i sum for alle transportmidler) innenfor hvert segment.

Når modellen er ferdig estimert, vil en kunne beregne elastisiteter og andre virkningsmål ved hjelp av mikrosimulering. Det vil si at en, for hver enkeltsending i datamaterialet, setter inn en tenkt, endret verdi for den uavhengige variable av interesse (f eks fraktraten på jernbane) og beregner nye, hypotetiske valgsannsynligheter for alle sendinger. Ved å summere sannsynlighetene for alle sendinger i utvalget får en fram etterspørselsendringer i makro.

Lastebil- og sjøfartstellingene er utvalgsdata, mens en for jernbanen i prinsippet har data om alle utførte transporter. I praksis må en antakelig nøye seg med et representativt utvalg av sendinger også for NSBs del. For den modelltypen vi her anvender, spiller det ingen rolle at en ikke har fullstendige data.

Til tross for at innmaten i modellen, som det framgår, må være nokså kompleks, vil det være fullt mulig å programmere systemet som en PC-rutine med forholdsvis lav brukerterskel.

Begrensningen ved denne modelltypen vil være at resultatene gjelder for det området dataene er et utvalg fra, det vil i utgangspunktet si for hele Norge. Det må gjøres betydelige og nokså arbeidskrevende tillempninger, muligens på nokså tvilsomt grunnlag, dersom modellen skal kunne anvendes

på bestemte strekninger eller andre geografisk avgrensede segment. Vi tenker oss her en form for såkalte *prototypiske utvalg*, dvs at en veier enkelt-sendingene i datamaterialet sammen på en slik måte at utvalget, selv om det er trukket fra hele det norske transportmarkedet, blir noenlunde representativt for en bestemt del av dette (f eks strekningen Oslo-Bergen). Denne prosedyren må imidlertid gjentas hver gang en ønsker å anvende modellen på et nytt geografisk segment, og selve tilpasningsprosedyren vil vanskelig kunne automatiseres.

8.4 Aggregert varestrømsmodell

Den andre mulige strategien for utnytting av de foreliggende godstransport-data ligger i at en først aggregerer opp datamaterialet til et sett varestrømmer mellom par av områder, dvs adderer sammen alle sendinger med et bestemt transportmiddel på en bestemt strekning, eventuelt segmentert etter vareslag. En får da fram et datamateriale som (for ulike i , j , m og v) viser hvor mange tonn av vare v som ble transportert fra i til j med transportmiddel m . Materialet må også inneholde informasjon om (gjennomsnittlige) fraktrater og transporttider og eventuelle andre forhold av betydning for transportmiddelvalget.

I forhold til en sendingsdatamodelle vil fordelene med en slik tilnærming blant annet være at en kan se bort fra at det er forskjell på sendinger og turer og at det heller ikke er nødvendig å ta eksplisitt hensyn til sendingsstørrelsen. Disse problemene blir så å si "aggregert bort". En annen fordel vil være at det, når en har data om flere turer/enkelt-sendinger for hvert områdepar, vil kunne beregne, ikke bare gjennomsnittlige fraktrater og tider, men også variansen i disse variablene. Variansen i framføringstid kan tolkes som et mål på transportregularitet og er derfor i seg selv en potensielt viktig forklaringsfaktor.

Det forhold at vi kun besitter utvalgsdata blir imidlertid, innenfor denne modelltypen, et betydelig problem. Av hensyn til kravet om nøyaktig beregnede fraktrater og framføringstider bør stedsbestemmelsen, heller ikke i denne modellen, gjøres på grovere nivå enn kommune. Men 440 kommuner innebærer rundt 200 000 aktuelle transportstrekninger mellom kommunepar, hvilket, selv i det overveldende store datamaterialet vi regner med å ha tilgang til, innebærer mindre enn én sending i gjennomsnitt pr transportstrekning. Dette gjelder vel å merke før vi begynner å segmentere markedet etter transportmiddel, vareslag eller bransje. For flertallet av transportstrekninger vil den reelle varestrømmen derfor være svært upresist anslått, og svært mange strekninger vil figurere med null godstransport - noe som meget vel kan være reelt. Problemet er at vi ikke kan vite hvilke nuller som skyldes utvalgsfeil og hvilke som har substansielle transportøkonomiske årsaker, f eks at det ikke finnes handelssamkvem mellom vedkommende to kommuner, eller at visse transportmidler er svært lite konkurransedyktige på vedkommende strekning.

En pragmatisk løsning på dette problemet kan være å konsentrere modellen (og datamaterialet) til noenlunde trafikksterke relasjoner. En kan f eks tenke seg å begrense analysen til NSBs 19 terminalområder, noe som vil gi

19x18=342 relasjoner, de fleste av dem trolig med tilstrekkelig mange sendingsobservasjoner til at en kan anslå varestrømmen.

Et problem i godstransportanalysen er at en ikke, som i persontransporttilfellet, kan regne prisene som utenfra gitt. Store transportkunder er i stand til å forhandle fram særlig gunstige transportavtaler, særlig i de tilfeller der det er konkurranse mellom bil og bane. Også på tilbudssiden er det en viss konsentrasjon av markedsmakt: NSB er (foreløpig) eneste tilbyder av jernbanetransport. Modellen bør derfor også inneholde relasjoner som forklarer fraktprisenivået. For å få grep om dette må en trolig utvide modellen og datamaterialet til også å omfatte relasjoner *uten* jernbanetilbud, f.eks. alle relasjoner mellom norske kommuner over en viss størrelse.

En varestrømsmodell av denne sorten vil i prinsippet gi tall for hver enkelt relasjon i datamaterialet. En kan likevel ikke regne med at modellenes prediksjoner på relasjonsnivå vil være særlig pålitelige - dertil vil beskrivelsen av den enkelte relasjon være altfor grov. I makro, derimot, dvs i sum for alle landets relasjoner, bør denne modelltypen kunne gi mer pålitelige elastisitetsanslag o l (med de forbehold som følger av nedenfor omtalte feilkilder).

8.5 Begge modelltyper har betydelige svakheter

Strukturen i godstransportmarkedet og tilgangen på relevante data er slik at ingen modell kan forventes å gi like pålitelige prediksjoner som en er vant til på persontransportsiden. De svakheter som i det følgende beskrives for de to modelltypene vi nettopp har sett på dreier seg i hovedsak om datamaterialet modellene bygger på, og gjelder derfor i all hovedsak også for nettverksmodeller.

Ett hovedproblem ved godstransportmodellering er at en i mange tilfeller - og det er umulig å si hvilke - har informasjon bare om en del av transportkjeden, nemlig den som utføres i løpet en én tur med ett bestemt transportmiddel. Men ofte består transportkjeden av tilførselstransport i en eller begge ender. Behovet for tilførselstransport varierer med typen hovedtransportmiddel, med bilen som det klart mest fleksible transportmiddel dør-til-dør. Det innebærer at vi nokså konsekvent mangler informasjon om det kanskje viktigste konkurransefortrinnet ett av transportmidlene har.

Også på andre punkter er datamaterialet mangelfullt. Bilens konkurransefortrinn dør-til-dør reduseres, overfor jernbanen, i de tilfeller der avsender og/eller mottaker har sidespor. Tilsvarende reduseres konkurransefortrinnet overfor sjøtransporten i de tilfeller der avsender/mottaker har egen (eller kort veg til) kai. Dette innebærer at en, for alle sendinger, uansett hvilket transportmiddel som faktisk blir anvendt (dvs også for vegtransportene), burde ha informasjon om avsender- og mottakerbedriftenes tilgang til sidespor og kai. Først da vil det være mulig å vurdere bilenes eventuelle konkurransefortrinn i det enkelte tilfelle. Slik informasjon er imidlertid ikke tilgjengelig.

En tredje svakhet ved de foreliggende datamaterialer er mangelen på nøyaktig informasjon om varene. Dersom turen eller sendingen består av flere vareslag, vil i beste fall det dominerende vareslaget bli registrert. Generelt mangler lastebil- og sjøfartstellingens data om varenes verdi, en faktor som kan ha stor betydning for f.eks. tidsverdien.

I prinsippet innehar lastebiltellingen overhodet ikke sendingsinformasjon, da det er den enkelte *tur* som er registrert. På hver tur kan det være flere sendinger som blir lesset på eller losset av. En gjennomgang av datamaterialet viser likevel at dette problemet er mindre enn en kunne frykte: de fleste turer består av bare én sending, slik at de to begrepene blir sammenfallende.

Generelt er det i godstransportanalysen ikke åpenbart hva som er den relevante mikroenhet: sending, tur, tonn, tonnkilometer, kjøretøy, transportbedrift, avsenderbedrift eller mottakerbedrift. Egenskaper tilknyttet alle disse typene enheter har potensielt betydning for beslutninger vedrørende godstransporten. Mest grunnleggende er antakelig sendingsenheten. Likevel vil en heller ikke i en sendingsanalyse få med seg alle relevante sider ved godstransportmarkedet. Også dette er et problem vi som analytikere bare vil måtte leve med. Samtidig er problemene med å definere mikroenheten det kanskje sterkeste argumentet for å gjøre analysen på et såpass aggregert nivå at tallene blir nærmest uavhengige av hvilke mikroenheter som ligger til grunn for statistikken. Prisen for dette er at en god del av den beslutningsrelevante informasjon på mikronivå, så som f.eks. hvilken fraktrate som gjaldt for den enkelte sending, går tapt i et mer aggregert statistisk materiale.

Gitt at det ikke er mulig å stedsbestemme avsender og mottaker med større nøyaktighet enn kommune, vil en måtte treffe et valg med hensyn til hvilke kommuner som skal innregnes i det enkelte terminalområdes influensområde. Her vil det uunngåelig oppstå en viss vilkårlighet.

En siste, uoverkommelig svakhet ved de modelltyper det er realistisk å tenke seg konstruert, er at alle slike modeller vil måtte ta det samlede godstransportvolum på de enkelte relasjoner som gitt. I lys av hvordan næringslivets tilpasning på dette området foregår, er dette ikke helt realistisk. Transportkundene har, dersom de opptre økonomisk rasjonelt, ikke primært som mål å minimere transportkostnadene, med å maksimere overskuddet. Det innebærer at transport som innsatsfaktor vil bli veiet mot andre mulige inputs i produksjonen. Det kan være rasjonalt for bedriften å pådra seg større kostnader til transport, hvis den på denne måten kan redusere kostnaden på annet hold, f.eks. til lagerhold. Mer generelt vil bedriften i noen tilfeller ha valget mellom å kjøpe halvfabrikata utenfra eller stå for en større del av produksjonsprosessen selv. Dersom valget faller på innkjøp utenfra, kan bedriften kanskje velge mellom en nærliggende, men forholdsvis dyr leverandør og en fjernere, men billigere leverandør. Alle slike avveininger vil ha betydning for hvor mye transport som i det hele tatt genereres i næringslivet, og i enda større grad for transportvolumet på de enkelte relasjoner.

Oppbygging av en pålitelig trafikkberegningsmodell for godstransport er således en meget krevende oppgave. Dette gjelder selv om modellen skal være enkel å operere sett fra brukersiden. Sammenliknet med persontransportområdet finnes det få eksempler på vellykkede og anvendelige framstøt. (Se likevel litteraturlisten, som inneholder det vesentligste av de arbeider vi i et slikt modelleringsforsøk ville bygge på.) Det er derfor ikke mulig å garantere at en, selv med de mest sofistikerte metoder, vil komme fram til modeller som med høy grad av presisjon forutsier etterspørselen etter jernbanetransport som funksjon av alle viktige handlingsvariable.

8.6 Økonometriske modeller i integrasjon med STAN

En god del av det data- og estimeringsarbeid som vil gjøres i arbeidet med en aggregert eller disaggregert godstransportmodell, vil samtidig gi viktige holddepunkter for hvordan en bør spesifisere og tallfeste kostnadsfunksjonene i en eventuell STAN-modell. Varestrømsmatrisene i en aggregert varestrømsmodell vil langt på veg være de samme som en vil trenge i STAN. Arbeidet med økonometriske godstransportmodeller vil derfor ikke være bortkastet dersom en senere beslutter å bygge opp en STAN-modell.

Omvendt vil STAN-nettverket, som i store trekk er ferdig innlest allerede, være svært nyttig når en skal beregne fraktrater og transporttider med de ulike transportmidler mellom norske kommuner, til bruk i en økonometrisk analyse på aggregert eller disaggregert nivå. Faktisk er den rasjonelle måten å oppnå slik informasjon på nettopp å gå vegen om et STAN-nettverk.

Det er således store samordningsgevinster å hente på en integrasjon mellom et nettverksmodellframstøt basert på STAN og en økonometrisk sendings- eller varestrømsmodell av den typen vi nettopp har diskutert.

9 Konklusjoner

I rapporten har vi beskrevet ulike modelleringsstrategier for oppbygging av en godstransportmodell for NSB. Vi har sett ganske detaljert på oppbygging og funksjon av en aktuell nettverksmodell, men har også kommet inn på alternative strategier for modellutforming, som muligens kan være noe enklere å etablere og bruke i analysesammenheng.

Det tilgjengelige datamateriale legger en del restriksjoner på hvor god modell en kan forvente å bygge opp, men dette bør ikke være til hinder for å bruke den kunnskap en tross alt har til utvikling av en *best mulig modell*.

En hovedkonklusjon fra forprosjektet er at det, uansett valg av modelleringsstrategi, vil være relativt omfattende å utvikle en pålitelig modell for å beregne hvilke skift en får i etterspørselen etter godstransport ved f eks investeringer i infrastruktur, avgiftsendringer, ulike prisstrategier etc. Det er etter vår mening ikke mulig å bygge opp en veldig enkel modell som på en faglig forsvarlig måte angir nye godsstrømmer med jernbane. En vil bli uansett måtte basere seg på bruk av svært omfattende datamaterialer, som lastebilteilingen, sjøfartsteilingen og NSB's statistikker. Disse krever atskillig bearbeiding før de kan brukes som grunnlag for modellestimering.

Dersom NSB ønsker tall for godsmengder på lenke-nivå (eks stasjon-til-stasjon), er vår konklusjon at en *nettverksmodell* er best egnet til å utføre de ønskede analyser. Nettverksmodellen STAN vil da være et godt utgangspunkt, da den gir svar på de fleste av problemstillingene NSB reiser innledningsvis. I Sverige jobbes det nå med implementering av STAN, slik at vi trolig vil kunne bygge på de erfaringer som gjøres der.

Dersom en kun er interessert i å beregne endringer i godstransportetterspørselen med jernbane for hele det nasjonale nettet samlet, eller eventuelt for et svært begrenset antall relasjoner, vil det være mulig å benytte noe *enklere* former for modeller. Det er imidlertid viktig å være klar over at også disse vil måtte basere seg på et like omfattende datamateriale for at de skal gi pålitelige resultater.

Uansett valg av modelltype, må prognoser for utvikling i det totale omfang av godstransport hentes fra andre modeller.

Det er vanskelig å sammenholde modelltypene og vurdere hvor mye tid og ressurser som vil kreves til oppbygging og vedlikehold av den enkelte modell, og hvor brukervennlig den vil være. Det er imidlertid grunn til å tro at det vil være noe mer tids- og ressurskrevende å bygge opp STAN enn de andre modelltypene, og det vil trolig også kreve noe mer av den som skal bruke modellen. Samtidig vil resultatene fra STAN være mer omfattende, og en vil bli å ha muligheten til å ta ut grafiske plott mm.

Det er imidlertid verdt å merke seg at mye av arbeidet vil være det samme ved alle de beskrevne modelltyper, bli innsamling og bearbeiding av datamateriale. En kan også bruke f eks informasjon fra databasen i STAN i de to andre modelltypene som er beskrevet, og resultater fra estimeringen av disse

kan være til god hjelp ved etablering av "kostnads"funksjoner i STAN. Uansett hvilken modelltype en ønsker å ta utgangspunkt i vil en altså kunne utnytte det arbeid som er gjort i forbindelse med andre modeller dersom en skifter modelleringsstrategi underveis.

Litteratur

ABDELWAHAB W & SARGIOUS M

Modelling the demand for freight transport: a new approach. *Journal of Transport Economics and Policy* 26:49-70 (1992).

BEN-AKIVA M

Application of disaggregate modelling methods to intercity freight. Paper presentert ved seminaret "Ultimas tendencias en el estudio de la demanda de transporte de mercancías" ("Nye trender innenfor studiet av godstransportetterspørsel"), Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones, Madrid, 1.12.1988.

CRAINIC T G, FLORIAN, M & LÉAL J-E

A Model for the Strategic Planning of National Freight Transportation by Rail. *Transportation Science*, Vol 24, No 1 1990.

CRAINIC T G, FLORIAN M, GUÉLAT J & SPIESS H

Strategic Planning of Freight Transportation: STAN, An Interactive-Graphic System. *Transportation Research Record* No 1283 (1990).

DAUGHETY A F

Freight transport demand revisited: A microeconomic view of multimodal, multicharacteristic service uncertainty and the demand for freight transport. *Transportation Research* 13B(4)281-288 (1979).

DAUGHETY A F (red)

Analytical studies in transport economics. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.

DYBEDAL, P

Framskrivning av godstransportmengder, innenlandske transporter 1983-2003. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI-rapport (1987). ISBN 82-7133-571-5.

DYBEDAL, P

Varestrømmer mellom fylker i Norge etter transportmiddel og vareslag. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI-rapport nr 149/1992. ISBN 82-7133-766-1.

FRIDSTRØM, L

Etterspørselen etter godstransport med jernbane. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI-notat nr 695 (1984).

FRIDSTRØM L

Modellering av godstransportmarkedet: en problematisering. Oslo, Transportøkonomisk institutt. Arbeidsdokument TØ/0394/1991.

FRIEDLANDER A F & SPADY R H

Freight transport regulation: equity, efficiency, and competition in the rail and trucking industries. Cambridge, Mass.: MIT press (1981).

FRIESZ T L, TOBIN R L & HARKER P T

Predictive intercity freight network models: the state of the art. *Transportation Research* 17A(6):409-418 (1983).

GRAY R

Behavioral approaches to freight transport modal choice. *Transport Reviews* 2(2):161-184 (1982).

GUÉLAT J, FLORIAN M & CRAINIC T G

A Multimode Multiproduct Network Assignment Model for Strategic Planning of Freight Flows. *Transportation Science*, Vol 24, No 1 1990.

HARKER P T

The state of the art in the predictive analysis of freight transport systems. *Transport Reviews* 5(2):143-164 (1985).

HOVI I B

Etterspørselsmodeller for godstransport: en litteraturstudie. Oslo, Transportøkonomisk institutt. Arbeidsdokument TØ/0387/1991.

INRO Consultants Inc.

STAN User's Manual, Software Release 3.0. Montreal, Canada 1992.

JENSEN T

GODMOD. En generell likevektsmodell for godstransportanalyser. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI-rapport nr 163/1993. ISBN 82-7133-780-7.

MADSLIEN A

Trafikkberegningsmodell for NSB Gods. Diskusjonsnotat for idédugnad. Oslo, Transportøkonomisk institutt. Arbeidsdokument TØ/610/93.

MCFADDEN D, WINSTON C & BOERSCH-SUPAN A

Joint estimation of freight transportation decisions under nonrandom sampling. Side 137-160 i Daughety (1985).

OUM T H

A cross sectional study of freight transport demand and rail-truck competition in Canada. *Bell Journal of Economics* 10: 463-482 (1979).

PICARD G, GAUDRY M & NGUYEN S

Fret: Un modèle de simulation des flux de marchandises au Canada. *Les Cahiers Scientifiques du Transport* 17-18:183-200 (1988).

RIDENG A

Transportytelser i Norge 1946-1992. Oslo, Transportøkonomisk institutt.
TØI-rapport nr 187/1993. ISBN 82-7133-811-0.

SKARSTAD O

Lastebilkostnader 1988. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI-rapport
nr 62/1990. ISBN 82-7133-666-5.

SKARSTAD O

Konkurransflater i godstransport 1983-1988. Oslo, Transportøkonomisk
institutt. TØI-rapport nr 94/1991. ISBN 82-7133-704-1.

SKARSTAD O

Transportpriser i innenlands godstransport 1992. Oslo, Transportøkonomisk
institutt. TØI-rapport nr 148/1992. ISBN 82-7133-765-3.

SKARSTAD O

Godstransportstatistikk - behov. Oslo, Transportøkonomisk institutt.
Arbeidsdokument TØ/480/1992.

SKARSTAD O

Om manglende sendingsdata for godstransportmodeller. Oslo, Transport-
økonomisk institutt. Arbeidsdokument TØ/536/92.

SKARSTAD O

Modellering av transportmiddel og vareslag i STAN. Oslo, Transport-
økonomisk institutt. Arbeidsdokument TØ/616/94.

STATISTISK SENTRALBYRÅ

Lastebilstatistikk 1988. Oslo, Statistisk sentralbyrå 1991. NOS B 974.
ISBN 82-537-3555-3.

VÄGVERKET

Gemensamma vägar. Borlänge, Vägverket. Rapport nr 1990:46.

WINSTON C

A disaggregate model of demand for intercity freight transportation.
Econometrica 48(4):981-1006 (1981).

WINSTON C

The demand for freight transportation: models and applications.
Transportation Research 17A(6):419-428 (1983).

ZLATOPER T J & AUSTRIAN Z

Freight transportation demand: A survey of recent econometric studies.
Transportation 16(1):27-46 (1989).

Vedlegg

Varegrupper

Hovedgruppe	CTSE-gruppe
Stykk gods	2 Frisk frukt og grønnsaker
	3 Andre matvarer, fórstoffer, drikkevarer og tobakk
	4 Oljefrø, fete oljer og fett
	10 Andre råvarer
	16 Metaller
	17 Arbeider av uedle metaller
	18 Maskiner og transportmidler (unntatt skip og fly)
	19 Diverse ferdigvarer
	20 Annet, uspesifisert
	Tømmer, trelast
Annet tørrgods	1 Korn
	6 Gjødning
	7 Rå mineraler, unntatt malmer
	8 Jernmalm og skrapjern
	9 Ikke jernholdige malmer
	11 Fast brensel
	14 Kjemiske produkter
	15 Kalk, sement og andre mineralske produkter
Flytende bulk	12 Mineralolje, -produkter og gass
	13 Mineralisk tjære av kull og naturgass

