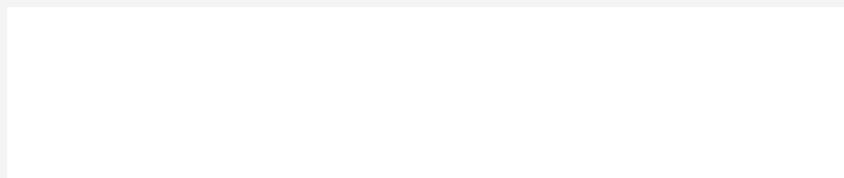


Forsøk på å beskrive det ugjennomtrengelige – en vurdering av Nasjonal godsmodell

Tor Homleid, Tyra Ekhaugen og Vivian Dyb

VISTA ANALYSE AS



Dokumentdetaljer

| | |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Vista Analyse AS | Rapport nummer 2016/52 |
| Rapporttittel | Forsøk på å beskrive det ugjennomtrengelige – en vurdering av Nasjonal godsmodell |
| ISBN | 978-82-8126-309-3 |
| Forfatter | Tor Homleid, Tyra Ekhaugen og Vivian Dyb |
| Dato for ferdigstilling | 08.12.2016 |
| Prosjektleder | Tor Homleid |
| Kvalitetssikrer | Ingeborg Rasmussen |
| Oppdragsgiver | Samferdselsdepartementet |
| Tilgjengelighet | Utkast |
| Publisert | www.vista-analyse.no |
| Nøkkelord | Godstransport, godsmodell, transportmodell |

Forord

Samferdselsdepartementet har engasjert tre analysemiljøer til å gjennomføre en vurdering av Nasjonal Godsmodell (NGM) med formål å belyse hvilke tilpasninger som bør prioriteres for å gjøre NGM bedre og når myndighetene skal bruke modellen.

I tillegg til Vista Analyser vurdering av NGM, som dokumenteres i denne rapporten, har Transportøkonomisk Institutt og COWI vært engasjert til å gjennomføre tilsvarende vurderinger.

Andreas Hedum og Eirik Vardal Kvalheim har vært oppdragsgivers kontaktpersoner i arbeidet. Vi takker for et interessant oppdrag og hyggelig samarbeid.

Rapporten er utarbeidet uten noen form for bindinger fra oppdragsgivers side.

Oslo, 8. desember 2016

Tor Homleid

Prosjektleder

Vista Analyse AS

Innhold

| | |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| Forord | 1 |
| Sammendrag og konklusjoner | 5 |
| 1. Innledning | 11 |
| 2. Nasjonal godstransportmodell (NGM) | 13 |
| 2.1 Oversikt over modellsystemet | 13 |
| 2.2 De ulike bestanddelene i NGM | 14 |
| 2.3 Et skritt tilbake: Hva er en modell? | 23 |
| 2.4 Samspillet i modellsystemet NGM | 25 |
| 2.5 Brukergrensesnitt og dokumentasjon | 27 |
| 3. Problematiske sider ved NGM | 29 |
| 3.1 Et ambisiøst og ugjennomtrengelig modellsystem | 29 |
| 3.2 Sentrale problemstillinger | 30 |
| 4. Nærmere om utvalgte problemstillinger | 33 |
| 4.1 Modellens beskrivelser vs. virkeligheten | 33 |
| 4.2 Varestrømmatrisene | 37 |
| 4.3 Bedrift til bedrift-varestrømmer | 43 |
| 4.4 Endrede forutsetninger om konsolidering | 44 |
| 4.5 Endrede stereotyper | 48 |
| 4.6 Utvikling i transportkostnader | 50 |
| 4.7 Modellformulering og variabler i modellen | 53 |
| 5. Bruk og utvikling av NGM | 58 |
| 5.1 Hva skal NGM kunne brukes til? | 58 |
| 5.2 Eksempler på bruk av NGM | 58 |
| 5.3 Videre utvikling av NGM | 60 |
| 6. Bibliografi | 62 |
| Vedlegg 1: Følsomhetsanalyse laste og lossekostnader | 64 |
| Vedlegg 2: Mapestrukturen i NGM | 65 |

Sammendrag og konklusjoner

Nasjonal Godsmodell er i dag mer egnet til å gjøre analyser på kort sikt enn på lang sikt. Den fungerer også bedre på aggregert nivå enn på disaggregert nivå. Modellsystemet framstår som lite tilgjengelig og stiller stor krav til brukerne.

Innretning for videre arbeid med utvikling av NGM avhenger av hva modellen skal brukes til, hvor mye ressurser som skal brukes på utvikling av modellen og av hvem som skal anvende modellen.

Basert på gjennomgang av utvalgte deler av modellen, anbefaler vi å redusere omfanget av grunndata i modellen ved å redusere antall varegrupper, ikke øke tallet på soner i modellen og vurdere forenklinger når det gjelder antall kjøretøytyper i modellen. Vi foreslår videre å utvikle Logistikkmodellen bl.a. ved å introdusere stokastiske elementer og gå gjennom deler av modellspesifikasjonen med sikte på forenklinger og økt realisme.

En ugjennomtrengelig modell?

Tittelen på denne rapporten er lånt fra Dag Solstads roman hvor handlingen legges til en av Oslos drabantbyer. Når vi har valgt tittelen, er det ikke fordi det ikke er mulig å finne ut hvordan Nasjonal Godsmodell (NGM) fungerer eller å finne dokumentasjon på modellens datagrunnlag eller muligheter for uttrekk av resultater. Det er mulig å finne fram, men det krever mye innsats å forstå sammenhenger i modellen, gjennomføre beregninger og håndtere grunndata og resultater:

- Rutiner for lagring av komplette datasett med resultater mangler
- Svakt brukergrensesnitt (unntak for Cube-grensesnitt for noen typer anvendelser)
- Lett å gjøre feil ved redigering av inndata og kontrollfiler. Uklare feilmeldinger
- Fragmentert dokumentasjon av modellsystemet

I sum gir dette et modellsystem hvor det er vanskelig å etterprøve resultater og som er lite transparent.

NGM er et modellsystem som består av flere delmodeller utviklet med ulike verktøy og av ulike aktører. I tillegg til Logistikkmodellen – som er kjernen i modellsystemet – er det utviklet egne modeller for framskrivning av varematiser og for etablering av kostnadsforutsetninger. LOS data hentes fra nettverksmodellen Cube. Logistikkmodellen omtales ofte som en modell, men består i praksis av 39 modeller – en for hver varegruppe. Ulike løsninger for de samme endogene variable fra hver av de 39 modellene summeres for å finne resultater summert over alle varegrupper.

De viktigste brukerne av NGM i dag er aktørene som står bak utviklingen av modellsystemet (Transportøkonomisk Institutt, SITMA og Significance). Det kan være flere årsaker til det, men manglende brukervennlighet framstår som en viktig begrensning. Enkelte deler av modellsystemet stilles heller ikke til disposisjon for andre brukere, ofte vil derfor andre brukere være avhengig av samarbeid med aktørene bak modellsystemet.

Vi har sett på et utvalg problemstillinger

Vår oppgave i dette prosjektet har vært å vurdere NGM med sikte på å besvare to spørsmål:

1. Hvilke tilpasninger bør prioriteres for å gjøre NGM bedre?
2. Når skal myndighetene bruke Nasjonal godsmodell

Vi har adressert disse spørsmålene ved å ta for oss noen av de forholdene vi mener det er viktig å adressere ved NGM, og som vi mener illustrerer større og mer overordnede utfordringer ved dette modellsystemet. Analysene er basert på våre egne kjøring av delmodellene, der vi gjennomfører følsomhetsanalyser av sentrale forutsetninger. I tillegg går vi igjennom datagrunnlaget for NGM og ser dette i forhold til andre informasjonskilder. Analysene er nødvendigvis avgrenset ut fra hva det var mulig å få til innenfor rammene av oppdraget, og ut fra hvilke delmodeller og datasett vi har fått tilgang til.

Vår gjennomgang dekker ikke alle sider ved modellsystemet, utvalget av problemstillinger er basert på hypoteser vi hadde ved oppstart og på oppfølging av funn gjort underveis i arbeidet. Vår vurdering av behov for tilpasninger er nødvendigvis farget av dette – og er ikke et komplett grunnlag for beslutninger om videre utvikling av modellsystemet.

Varestrømmer med stor usikkerhet

Modellens varestrømmatriser er basert på varestrømundersøkelser gjennomført av Statistisk Sentralbyrå og videre bearbeidet ved Transportøkonomisk Institutt. Bearbeidningen omfatter blant annet supplerende data fra andre kilder og fordeling av varestrømmene på de tre stereotypene i modellen; leveranser fra produsent til distributør (PW), leveranser fra produsent til konsument (PC) og leveranser fra distributør til konsument (WC).

I utgangspunktet skulle en kunne forvente:

1. at varestrømmer til distributør (PW) tilsvarer varestrømmer fra distributør (WC) på sonenivå og – i hvert fall – summert over matrisene
2. at sonene (hovedsakelig) kan deles inn i tre typer:
 - a. *Konsumentsoner* (konsumvarer) med volumer til sonen (PC og WC)
 - b. *Produsentsoner* med store volumer (PC og WC) fra sonen og mindre volumer (konsumvarer) til sonen (PC og WC)
 - c. *Distributørsoner* med store volumer til (PW) og fra (WC) sonen. Mindre volumer (konsumvarer) til sonen (PC og WC).

Vi finner ikke en slik logikk i det utvalget av varestrømmatriser vi har undersøkt, verken når det gjelder fordeling på stereotyper eller volumer til/fra soner. Vi vurderer derfor at varestrømmatrisene inneholder stor usikkerhet på sone-til-sone-nivå og fordelt på stereotyper.

Vi har gjennomført en enkelt følsomhetsanalyse hvor betydelige varestrømmer til/fra to soner ble flyttet til en annen sone i nærheten. I modellen gav dette ikke merkbare utslag verken på kostnader eller på fordeling mellom ulike kjøretøygrupper. En mulig tolkning er at soneinndelingen i NGM kan gjøres grovere uten at kvaliteten på resultatene reduseres.

I Logistikkmodellen gjøres sone-til-sone varestrømmer om til bedrift-til-bedrift varestrømmer. Sammenhengen defineres av volumet på sone-til-sone relasjonen og av opplysninger om antall produsenter, distributører og konsumenter i de to sonene. Sammenhengen er definert ulikt for ulike stereotyper. Vi har ikke funnet dokumentasjon for hvordan antall produsenter, distributører og konsumenter for hver varegruppe i hver sone er etablert, men registrerer at opplysningene er identiske for ulike varegrupper. Vi antar at det må være et omfattende arbeid å innhente slike opplysninger, og at det neppe vil ha stor betydning for modellens beregningsresultater om kravet til detaljerte data på dette området erstattes av enklere sammenhenger innenfor modellen.

Varestrømmene framskrives (Pingo) til framtidige beregningsår med utgangspunkt i forutsetninger om utvikling i etterspørsel for hver varegruppe (befolkningsutvikling, inntekts-

utvikling m.v.) og endringer i transporttilbudet. Framskrivningene fanger ikke opp utvikling i lokalisering av produksjons- og distribusjonsheter, heller ikke produsenters og distributørers reaksjoner på endringer i transporttilbudet. Dette er forhold som det ikke er enkelt å lage prognoser for, men som samtidig er viktige (de viktigste?) drivkrefter i utviklingen av godstransportene. Følgen av dette er at usikkerheten rundt varestrømmene øker desto lenger fram i tid prognosene gjelder. Manglende respons på endringer i transporttilbudet bidrar også til en undervurdering av konkurranseflatene mellom ulike kjøretøytyper og -grupper i NGM.

Stereotyper i modellen

For å undersøke hvordan forutsetninger om varestrømmenes stereotyper påvirker kostnader og fordeling mellom ulike transportmidler og kjøretøygrupper, har vi gjennomført beregninger samlet for konsolideringskluster 1. Volumene i PWC-matrisen er aggregert, deretter er beregninger med ulike forutsetninger om stereotyper gjennomført. Øvrige forutsetninger for beregningene er hentet fra varegruppe 2.

Det er gjennomført beregninger med tre ulike sett av forutsetninger:

1. Fordeling på stereotyper fra varestrømmatrisene (PWC)
2. Fordeling hvor alle leveranser er forutsatt å gå fra produsent til konsument (PC)
3. Fordeling hvor alle leveranser forutsettes å gå fra produsent til distributør / fra distributør til konsument (PW/WC)

Årsaken til at beregningene for PW og WC er identiske er at ingen av sone til sone varestrømmene i disse kjøringene ble delt opp på flere bedrift til bedrift-relasjoner.

Endrede forutsetninger om varestrømmenes stereotypi har stor betydning for antall bedrift til bedrift relasjoner og antall forsendelser. Dersom alt forutsettes levert fra produsent til konsument øker antall relasjoner med 46 pst. og antall forsendelser med 20 pst. I tilfellet hvor alt forutsettes levert fra produsent til distributør (eller fra distributør til konsument) reduseres antall B til b-relasjoner med 67 pst. mens antall forsendelser reduseres med 30 pst.

Sammenliknet med utslagene i tallet på relasjoner og forsendelser er virkningene på kostnadene marginale (+/- 1 pst.). Virkningene på transportkostnadene er enda mindre (+/- 0,1 pst.), mens utslagene på andre kostnader er større. Vi finner heller ikke nevneverdige utslag i fordeling av transportene mellom kjøretøygrupper.

Resultatene tilsier at skillet mellom ulike stereotyper har marginal betydning for logistikkmodellens resultater. Om det betyr at dette er en konklusjon som også står seg i praksis er vi mer usikre på. Beskjedne forskjeller mellom ulike forutsetninger om stereotyper kan også skyldes

- a) feil og unøyaktigheter i fordelingen av varestrømmer mellom stereotyper i modellens datagrunnlag (PWC-matrisene)
- b) modellspesifikasjon og kostnadsforutsetninger kan dekke over forskjeller; ulike stereotyper behandles likt på områder hvor ulike stereotyper står overfor ulike muligheter.

Konsolidering

Konsolidering defineres i NGM som en lastbærer som frakter flere forsendelser samtidig. For de fleste varegrupper tillates konsolidering av flere forsendelser innenfor varegruppen, for enkelte varegrupper tillates også konsolidering med andre varegrupper. Vi har sett nærmere på hvordan ulike forutsetninger om konsolidering på tvers av varegrupper påvirker modellresultatene.

Logistikkmodellen kjøres sekvensielt over de 39 varegruppene i modellen. Samtidig kan flere lastbærere frakte ulike varegrupper samtidig. Det betyr at transporttilbudet som er tilgjengelig for frakt av en varegruppe også påvirker rammebetingelsene for frakt av andre varegrupper. I modellen er dette forsøkt tatt hensyn til ved at volumene for enkelte varegrupper multipliseres opp med en konsolideringsfaktor. Konsolideringsfaktoren for hver varegruppe i konsolideringsklusteret bestemmes ved volumene summert over alle relasjoner og varegrupper i klusteret dividert med volum summert over alle relasjoner for den aktuelle varegruppen.

Vi har sett på virkninger av å halvere konsolideringsfaktorene og av å fjerne muligheten for konsolidering på tvers av varegrupper for de tre konsolideringsklustrene i modellen. Vår konklusjon er at konsolideringen på tvers av varegrupper har liten betydning for modellens resultater. Utslagene på samlede kostnader er marginale, mens vi finner noe større utslag på fordeling mellom kjøretøygrupper og enda større utslag i fordelingen på kjøretøytyper.

Kostnadsfunksjoner

Laste- og lossekostnader er den klart største kostnadskomponenten i NGM. Summert over alle varegrupper utgjør disse kostnadene 41 % av totale kostnader. Det er store variasjoner mellom varegrupper (fra 11% til 68%), for 14 av 39 varegrupper utgjør laste- og lossekostnadene over halvparten av totale kostnader.

I modellen bestemmes laste- og lossekostnadene som en funksjon av antall forsendelser og antall tonn og varierer mellom ulike kjøretøytyper. Gjennomført følsomhetsanalyse med endrede forutsetninger om kroner pr. tonn og forsendelse gir langt større utslag i logistikkmodellen enn noen av de andre analysene vi har gjennomført.

Vi mener det er grunn til å undersøke nærmere hvordan laste- og losseelementet i logistikkmodellen påvirker fordelingen av volumene mellom kjøretøygrupper og - typer. Særlig kan det være grunn til å undersøke om det er variasjoner mellom varegrupper med andre forklaringsfaktorer enn varens vekt og om det er systematiske forskjeller mellom ulike stereotyper.

Modellformulering og variabler i modellen

Basert på vår gjennomgang av modellsystemet, har vi også identifisert andre muligheter for justering av modellformulering og introduksjon av nye variabler i modellen. Vi peker blant annet på at:

- Introduksjon av stokastiske elementer i modellen (eksempelvis knyttet til vareverdi) kan gi mer realistiske utslag sammenliknet med dagens tilnærmede alt eller ingenting algoritme.
- Punktlighet som egen variabel kan gjøre modellen mer egnet til å analysere effekter av blant annet kapasitetsøkende tiltak (men er komplisert å implementer i modellen)
- Modellformuleringer som ivaretar retningsbalanse og løser modellen simultant over varegrupper vil gi en mer realistisk modell.

Videre utvikling av NGM

Med bakgrunn i vår gjennomgang av Nasjonal Godsmodell, baserer vi vår vurdering av videre utvikling av modellen på følgende hovedkonklusjoner:

1. NGM er mer egnet til å gjennomføre analyser på kort sikt enn på lang sikt. Usikkerheten knyttet til framtidige godsstrømmer er vesentlig større enn den usikkerheten vi finner i persontransportmodeller. For mange varegrupper er det vanskelig å se for seg at det kan etableres gode metoder for å anslå utvikling i lokalisering av produksjon og distribusjon.

2. Modellen er mer egnet til å gjennomføre analyser på aggregert nivå enn på disaggregert nivå. Dette skyldes både svakheter ved modellens datagrunnlag og egen-skaper ved modellen.
3. Modellsystemet framstår som lite tilgjengelig og stiller store krav til brukerne. Uten et bedre brukergrensesnitt (muligheter til å gjennomføre endringer i viktige ekso-gene variabler uten å redigere tekstfiler eller kontrollfiler) og en sikrere håndtering av datasett er det vanskelig å se for seg at modellen vil kunne tas i bruk i særlig grad utenfor de organisasjonene som har hatt ansvar for å etablere modellen.

Modellen har i dag et høyt detaljeringsnivå. Dette gjelder både antall soner i modellen, antall kjøretøytyper og antall varegrupper. Videre må det etableres datasett som inneholder et betydelig antall forutsetninger for hver sone, kjøretøytype og varegruppe. I de arbeider vi har sett, hvor modellen har vært benyttet, har mulighetene til å hente ut resul-tater med høyt detaljeringsnivå vært benyttet i liten grad. Vår gjennomgang dekker bare et lite utsnitt av datamengden som kreves og vi har kun testet enkelte mekanismer i logi-stikkmodellen. Likevel finner vi grunn til å anbefale:

- Tallet på varegrupper bør reduseres. Behovet for data reduseres og modellen vil kjøre raskere. Beregningene vi har gjennomført tyder på at det bare har marginal betydning for resultatene å slå sammen varegrupper.
- Antall soner i modellen holdes på dagens nivå eller reduseres. Det er behov for å heve kvaliteten på sonedata i modellen, det tror vi er lettere å oppnå ved å begrense tallet på soner. Vår test av flytting av varestrømmer fra en sone til en annen gav knapt merkbare utslag på resultatene i modellen.
- Vi har ikke gjennomført analyser hvor tallet på kjøretøytyper eller rammebetingel-sene for disse er endret, men også her kan det være grunn til å vurdere forenklinger.

Logistikkmodellen framstår i dag som en avansert modell for optimering av varestrømmer, samtidig er håndteringen av inndata og resultater på et svært lavt nivå. Vår gjennomgang gir grunnlag for å peke på følgende muligheter for utvikling av modellen:

- Introdusere stokastiske elementer ved kostnadsminimeringen i Logistikkmodellen. Benyttet på (enkelte av) modellens kostnadsvariabler kan dette gi mer realistiske endringer i transportstrømmer på relasjonsnivå. Det kan også benyttes stokastikk for lokalisering av produsenter, distributører og konsumenter.
- Inkludere variabel (variabler) som ivaretar punktlighet i modellen.
- Etablere systematikk for gjennomføring av følsomhetsanalyser knyttet til framtidig lokalisering av produsenter og distributører.
- Organisere modellens output og input slik at ingen forutsetninger / parametere ligger i kontrollfiler – og alle data knyttet til en modellkjøring samles i et datasett.
- Gå gjennom sammenhenger i modellen med sikte på forenklinger /økt realisme

1. Innledning

Det nasjonale modellsystemet for godstransport (NGM) er utviklet for å analysere virkninger av tiltak i transportsektoren generelt, og godstransporten spesielt. NGM beregner hvordan tiltakene påvirker fordelingen av godstransporten på de ulike transportmidlene og terminalene, og transportkostnadene. Resultatene fra NGM blir brukt inn i grunnprognosene til de nasjonale transportplanene (NTP), analyser av terminalstruktur bl.a. på KVVU-nivå, og i samfunnsøkonomiske analyser av infrastrukturtiltak, avgiftsendringer mv. NGM er utviklet for å kunne beregne virkninger både på kort og lang sikt, og både på nasjonalt, regionalt og kommunalt nivå. Videre skal NGM kunne analysere virkningene både for hele godstransporten og for ulike typer gods og transportmidler.

Modellsystemet består av likevektsmodellen PINGO for framskriving av varestrømmer, en nettverksmodell, et sett av kostnadsmodeller og en logistikkmodell. Hver av modellene bruker ulike datagrunnlag sammensatt av data fra en rekke ulike kilder. NGM modellerer godstransporten over 39 varegrupper, 59 transportmidler og om lag 500 soner. Utviklingen av NGM har skjedd over en tiårsperiode, og er finansiert av Samferdselsdepartementet med underliggende etater. Det er Transportøkonomisk institutt (TØI) som sammen med SITMA og det nederlandske firmaet Significance som har stått for utviklingen. I tillegg kommer et omfattende arbeid for å legge til rette data bl.a. i Statistisk sentralbyrå.

NGM er dermed et ambisiøst, komplekst og ressurskrevende modellsystem som det har vært knyttet store forhåpninger til. Alle modeller må imidlertid baseres på forutsetninger, og valget av forutsetninger kan ha stor betydning for beregningsresultatene. Beregningsresultatene avhenger også av det datamaterialet modellene baserer seg på. For å sikre god kvalitet på beregningene er det viktig at de er etterprøvbare, slik at en kan se hvordan resultatene fremkommer og hvilke forutsetninger de er særlig følsomme for, samt avdekke feil. Videreutvikling av modellsystemet ville dra nytte av at det var tilgjengelig for andre fagmiljøer og for de offentlige instansene som bruker resultatene.

Det er de siste årene stilt spørsmål ved flere sider av NGM. Vista Analyse leverte i 2015 en rapport til NTP Godsanalyse der vi brukte NGM som et verktøy i samfunnsøkonomiske analyser av tiltak innenfor godstransport, «Samfunnsøkonomisk analyse av tiltak innenfor godstransport», Vista Analyse-rapport 2015/37 (Ekhaugen, Homleid, & Rasmussen, 2015). Vi pekte der på flere forutsetninger som ikke stemmer overens med virkeligheten, men som kan ha stor betydning for resultatene. Videre viste vi at den utviklingen NGM framskriver innebærer klare trendbrudd for flere viktige størrelser. Vi la også vekt på at kompleksiteten i modellsystemet gjør det vanskelig å følge beregningene i modellen og å avdekke rene feil, slik at det ofte vil være heftet en usikkerhet ved de resultatene den gir.

Samferdselsdepartementet følger opp den diskusjonen som oppsto i forbindelse med NTP Godsanalysene ved å innhente vurderinger av NGM fra tre ulike analysemiljøer. Mandatet er det samme for alle, og kan oppsummeres ved følgende to spørsmål:

1. Hvilke tilpasninger bør prioriteres for å gjøre NGM bedre?
2. Når skal myndighetene bruke Nasjonal godsmodell?

Vi har adressert disse spørsmålene ved å ta for oss noen av de forholdene vi mener det er viktig å adressere ved NGM, og som vi mener illustrerer større og mer overordnede utfordringer ved dette modellsystemet. Analysene er basert på våre egne kjøring av delmodellene, der vi gjennomfører følsomhetsanalyser av sentrale forutsetninger. I tillegg går vi igjennom datagrunnlaget for NGM og ser dette i forhold til andre informasjonskilder.

Analysene er nødvendigvis avgrenset ut fra hva det var mulig å få til innenfor rammene av oppdraget, og ut fra hvilke delmodeller og datasett vi har fått tilgang til: Vi har for eksempel ikke fått tilgang til PINGO, og deler av kostnadsmodellen befinner seg i skjulte regneark (Cube-versjonen).

I kap. 2 gir vi en oversikt over hvordan modellsystemet i dag er bygget opp, og beskriver av de viktigste komponentene i modellen, hvordan disse virker sammen og modellsystemets brukergrensesnitt og dokumentasjon. I kap. 3 maler vi med bred pensel et bilde av det vi oppfatter som de problematiske sidene ved NGM, og noen av disse tar vi for oss i detalj i kap. 4. I kap. 5 tar vi for oss hvordan NGM er brukt og videreutviklet.

Gjennom vårt arbeid har vi avdekket flere problematiske forhold ved NGM. Antakelig er de toppen av et isfjell. Dersom NGM skal videreføres som modellverktøy, er det helt nødvendig å gjøre et omfattende forenkling- og kvalitetssikringsarbeid slik at resultatene blir mer pålitelige. Slik NGM er i dag, lar vårt arbeid i dette prosjektet seg best beskrive ved Dag Solstads romantittel fra 1984: Forsøk på å beskrive det ugjennomtrengelige.

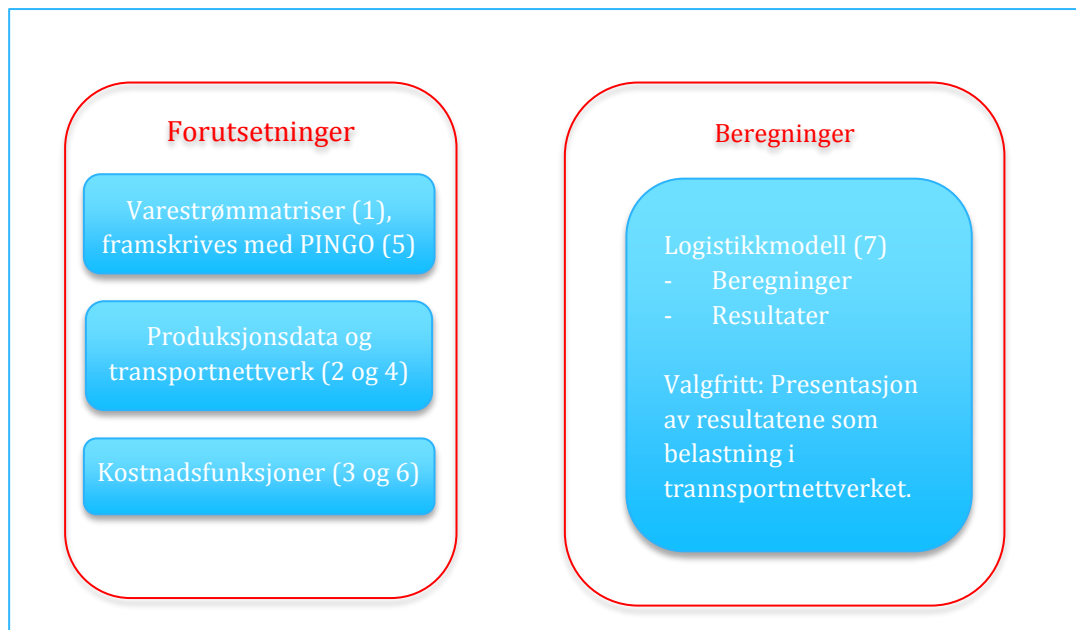
2. Nasjonal godstransportmodell (NGM)

2.1 Oversikt over modellsystemet

Modellsystemet NGM består av en rekke delmodeller og gjør bruk av flere sett med data. En stor del av grunnlagsdataene er selv resultater av modellberegninger, og her skiller NGM seg fra de norske persontransportmodellene. De viktigste bestanddelene i NGM er som følger. Del 1-3 er datasett, del 4 er både et datasett og en modell, og del 5-7 er modeller. Figur 2.1 gir en oversikt.

1. Varestrømmatriser (kalles også basismatriser)
2. Informasjon om produsenter, distributører og konsumenter som leverer og/eller mottar hver varetype (produksjonsdata)
3. Kostnadsdata
4. Transportnettverk brukes til å generere informasjon om distanse, fremføringstid mv. (LoS-data) for de ulike kjøretøytypene
5. Likevektsmodellen PINGO framskriver varestrømmatrisene til prognoseåret
6. Kostnadsmodellen etablerer kostnadsforutsetninger ut fra kostnadsdata
7. Logistikkmodellen beregner valg av sendingsstørrelse og transportkjede

Figur 2.1: Delmodeller og datasett i Nasjonal Godsmodell (NGM)



Kilde: Vista Analyse

Modellsystemet NGM estimeres sekvensielt ved en firetrinnsmetodikk. Estimeringen følger det såkalte ADA-prinsippet, dvs. først aggregert (trinn I og II), deretter disaggregert (trinn III) og deretter igjen aggregert (trinn IV):

- I. Transportert volum baseres på aggregerte størrelser
- II. Avsender- og bestemmelsessted baseres på aggregerte størrelser. Transportert volum og avsender- og bestemmelsessted utgjør til sammen *varestrømmatrisene* som fremskrives til prognoseåret med likevektsmodellen *PINGO*

- III. Valg av transportmiddel og transportkjede, dvs. logistikkbeslutningene, simuleres med *logistikkmodellen* på disaggregert nivå (individuelle bedrifter, distributører og butikker). Innsatsfaktorer i logistikkmodellen er *varestrømmmatrisene*, *produksjonsdata*, *kostnadsdata*, *kostnadsmodellen* og *transportnettverkene*.
- IV. Varestrømmene fra logistikkmodellen aggregeres opp til volumer på sonenivå og fordeles utover transportnettverket.

Delmodellene er utviklet av flere aktører og kjøres med ulike verktøy. PINGO utvikles av TØI og kjøres i GAMS. Kostnadsmodellen utvikles av SITMA og kjøres i Excel. Logistikkmodellen utvikles av Significance og kjøres i DOS eller med nettverksmodellen Cube. Cube kan også brukes til å etablere forutsetninger for gjennomføring av beregninger av varestrømmmatriser, og til å presentere resultatene visuelt i form av belastningen på ulike deler av transportnettverket. Cube er ikke nødvendig for å gjøre beregninger med NGM, og brukes da heller ikke alltid i praksis.

I dette kapitlet går vi igjennom hver av delmodellene og datasettene i NGM og hvordan de virker sammen. Videre beskriver vi modellens brukergrensesnitt og dokumentasjon, med et eget avsnitt om analysene av modellens treffsikkerhet. Til slutt tar vi for oss hvordan samferdselsetatene har valgt å bruke modellens resultater i sitt arbeid. Beskrivelsene av modellsystemet er basert på offentlig tilgjengelig dokumentasjon¹, og der vi legger vekt på at de skal være forståelige også for personer uten detaljert kjennskap til NGM fra før.

2.2 De ulike bestanddelene i NGM

2.2.1 Varestrømmmatriser

Varestrømmmatrisene, også kalt basismatrisene, angir hvor mye gods som skal transporteres mellom alle soner i modellen. Varestrømmmatrisene utgjør et sentralt element i NGM: De bestemmer den *totale mengden transportert gods* i modellen, men også hvordan denne mengden er *fordelt mellom de ulike sonene og mellom 39 varegrupper*. De varestrømmmatrisene som brukes i dagens versjon av NGM, skal gjelde året 2012/13, kalt basisåret. Varestrømmmatrisene fremskrives til prognoseåret ved hjelp av modellen PINGO, omtalt i eget avsnitt under. Det er TØI som har ansvaret for å utarbeide varestrømmmatrisene, men SSB bidrar i arbeidet bl.a. ved å gjennomføre varestrømmundersøkelser, senest i 2015. TØI har dokumentert varestrømmmatrisene i en egen rapport.²

Detaljert inndeling i soner og varegrupper

Varestrømmmatrisene deler godstransporten inn etter soner. I hver av sonene kan det være én eller flere aktører, se under. Innenriks utgjør hver kommune én sone, med unntak av de seks største byene, der hver bydel utgjør en sone. Utenriks er hver sone ett land i Europa, og ett kontinent utenfor Europa. Våre nærmeste handelspartnere er inndelt i flere soner. Til

¹ Særlig TØI rapport 1399/2015: Grunnprognoser for godstransport til NTP 2018 – 2027.

TØI rapport 1247/2012: Nasjonal godstransportmodell. En innføring i bruk av modellen.

Sitma (Working paper): Cost models for Norwegian and Swedish freight transport. To be used in the Logistics model developed by Rand for NTP transportanalyser and Samgods/SIKA.

Significance/SITMA: Method Report – Logistics Model in the Norwegian National Freight Model System (Version 3)

² TØI rapport 1399/2015: Varestrømmmatriser med basisår 2012/2013

sammen utgjør dette om lag 500 soner. Det arbeides med en finere inndeling med totalt 1 545 soner, men denne er ikke implementert i nåværende modellversjon.

Inndelingen i varegrupper skal fange opp at egenskaper ved godset kan gjøre at ikke alle transportvalg er like egnet: Godset stiller ulike krav til transportkvalitet og fremføringstid. Noen eksempler på gods som alle stiller ulike krav, er tømmer, grus, kjølevarer og råolje. Ved å gruppere godset etter de kravene de stiller, kan dette hensyntas i modelleringen. I dagens varestrømmatriser er godset delt inn i 39 varegrupper. Antallet varegrupper i NGM er gjennom årene økt betydelig, fra fire i 1994, via 13 i 1999 og 32 i 2003/2008.¹

Aktører og varestrømmer

I varestrømmatrisene opereres det med tre aktører. Produsenter (P), distributører (engroshandel) (W) og konsumenter (C). Med konsument menes her alle mottakende bedrifter bortsett fra engroshandelsbedrifter, dvs. detaljister og industribedrifter som anvender en innsatsvare regnes som en konsument i varestrømmatrisene.

Det skilles mellom tre hovedtyper av leveranser:

- PW: Leveranser fra produsent til distributør
- PC: Leveranser fra produsent til konsument
- WC: Leveranser fra distributør til konsument

Leveranser mellom to grossister er ikke modellert som egne leveranseformer, men er representert ved PW-kjeder. Varetransport fra detaljist til husholdning regnes som persontransport, og inngår derfor ikke i modellen. Leveranser fra servicenæringer og transporter tilknyttet servicenæringer som for eksempel håndverkere, faller utenfor begge modellsystemene.

Datagrunnlaget

Datagrunnlaget for varestrømmatrisene er satt sammen av en rekke datasett utarbeidet av ulike aktører og med til dels ulike beregningsår, og der det i flere tilfeller er behov for å supplere med data fra ytterligere kilder for å få et godt bilde for enkeltvarer. Datagrunnlaget varierer etter tre kategorier vareleveranser.

For leveranser fra *primærnæringer, bergverk og petroleum* er dataene basert på SSBs primærnæringsstatistikk, Skog-Data, TØIs transportstatistikk, NGUs bergverksstatistikk og grunnlagsdata i havnestatistikken. Disse dataene er supplert med informasjon fra andre kilder for å bestemme sonene, bl.a. fra SSBs skogbruksstatistikk og informasjon om den geografiske beliggenheten til slakterier og kornmottak mv. For noen av varene er det også konstruert beregningsregler for å fordele varestrømmene. Dataene er fra 2012/13, men der det i lastebilundersøkelsene er lagt til grunn et gjennomsnitt fra perioden 2010-12 for å bote på kjente svakheter.

For leveranser fra *industrinæringer og engroshandel* til innenriks anvendelse er dataene i hovedsak basert på SSBs varestrømundersøkelse. Denne undersøkelsen blir gjennomført primært for å dekke behovene i NGM, og ble sist gjennomført i 2015. Undersøkelsen som ligger til grunn for dagens modellversjon, ble gjennomført i 2008, som en utvalgsundersøkelse blant om lag 4 500 bedrifter innenfor bl.a. industri og varehandel. Bedriftene ble

¹ Se TØI rapport 1399/2015, kap. 2, for en oversikt over hvilke endringer som er gjort.

bedt om å rapportere vekt, verdi, antallet leveranser og mottakersted for alle sine varetransporter det året.¹ Undersøkelsen har imidlertid vist seg å være mangelfull for en del næringer med tunge godsvolum, som bryggerier, meierier og sementproduksjon. For disse næringene er det derfor hentet inn supplerende informasjon. Det fremgår ikke av TØIs dokumentasjon hvor denne informasjonen er hentet fra.

For *handelen med utlandet* er dataene for handelsland og vare basert på SSBs utenriks-handelsstatistikk. Stedfestingen innenriks er basert på et arbeid gjennomført i SSB, der bedriftsnumre fra Toll- og avgiftsetatens TVINN-register er knyttet opp mot adressene i Virksomhets- og foretaksregisteret. Fordelingen av volumene på utenriks destinasjoner er basert på informasjon fra en svensk varestrømundersøkelse fra 2009, SSBs og Eurostats lastebilundersøkelser fra 2010-12, SSBs havnestatistikk fra 2011 og 2012, og SSBs varestrømundersøkelse fra 2008 som nevnt over, se TØIs dokumentasjon for referanser.

2.2.2 Produksjonsdata

Produksjonsdata omfatter informasjon om produsenter, distributører og konsumenter som leverer og/eller mottar hver varetype. I NGM er denne informasjonen samlet i to filer, en produksjons- og en konsumfil. Produksjonsfilen inneholder informasjon om leveranser både fra produsent og fra distributør. Tilsvarende inneholder konsumfilen informasjon om leveranser til både distributør og konsument. Informasjonen i filene er inndelt etter sone og varegruppe, og inneholder opplysninger om antall bedrifter i hver sone, antall leveranser til og fra disse bedriftene, volumet på leveransene og produksjonsvolumer.

Produksjonsdata inneholder dermed svært detaljert informasjon om de ulike produsentene, distributørene og konsumentene. I dokumentasjonen av modellen fremgår det imidlertid ikke hva som er kildene for denne informasjonen. Det gis heller ingen nærmere beskrivelser av innholdet i denne delen av datagrunnlaget.

2.2.3 Kostnadsdata

I NGM kommer informasjonen om de ulike kostnadskomponentene, dvs. tids-, distanse-, terminal- og kapitalkostnader, i all hovedsak ut av egne kostnadsmodeller. Kostnadsmodellene er dokumentert i en egen rapport, Grønland (2015)² og beskrives nærmere i avsnitt 2.2.6. De dataene som brukes som innsatsfaktorer i disse modellene, kan plasseres i fem ulike kategorier:

- 1) Globale innsatsfaktorer, dvs. som ikke er relatert til et spesielt transportmiddel
- 2) Bilspesifikke innsatsfaktorer
- 3) Jernbanespesifikke innsatsfaktorer
- 4) Sjøspesifikke innsatsfaktorer
- 5) Flyspesifikke innsatsfaktorer

Innsatsfaktorene er delt inn i tidskostnader og distansekostnader, etter om de i modellen varierer med tid eller distanse. I tillegg kommer laste- og lossekostnader. Inndelingen varierer med transportmiddel.

¹ Det er gjennomført en ny varestrømundersøkelse i 2015. Undersøkelsen fra 2008 er nærmere omtalt på SSBs hjemmesider, <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/artikler-og-publikasjoner/varehandel-dominerer-transporten>.

² Stein Erik Grønland (2015): Kostnadsmodeller for transport og logistikk – basisår 2012, TØI rapport 1435/2015.

Følgende innsatsfaktorer inngår i de ulike tids- og distansekostnadene:

- 1) *Globale innsatsfaktorer*: Rente, valutakurser, lønnsfaktorer, lagerkostnader, kontainerkostnader og årlige vekstfaktorer
- 2) *Bilspesifikke innsatsfaktorer*:
 - Tidskostnader: Lønn, kapitalkostnader, årsavgift, forsikring og administrasjon
 - Distansekostnader: Vedlikehold, drivstoff, vask og rekvisita, og dekk
- 3) *Jernbanespesifikke innsatsfaktorer*:
 - Tidskostnader: Lønn (lokfører), kapitalkostnader (lokomotiv), vogner og containere (kombitog)
 - Distansekostnader: Vedlikehold og energikostnader
- 4) *Sjøspesifikke innsatsfaktorer*:
 - Tidskostnader: Mannskap, kapitalkostnader, stores, vedlikehold, forsikring og administrasjon
 - Distansekostnader: Drivstoff
- 5) *Flyspesifikke innsatsfaktorer*:
 - Tidskostnader: Mannskap, kapitalkostnader, vedlikehold (fast), bakkeutstyr og -service mv., forsikring og administrasjon
 - Distansekostnader: Drivstoff, vedlikehold (variabelt) og navigasjonskostnader

Også laste- og lossekostnadene beregnes ulikt for de ulike transportmidlene. For bil er det for eksempel en funksjon av biltype, laste-/lossesystem for biltypen, manuelt nivå, utstyrs-kostnader, vedlikehold og bemanning, mens det for skip er en funksjon av havneavgift, lastekapasitet, havnekostnad per time og tidskostnader per båttype.

Det beregnes kostnader for nær 80 ulike transportmidler, jf. eget avsnitt om kostnadsmodellen. Det fremgår ikke av dokumentasjonen hvilke parametere som samles inn direkte, og hvilke som ekstra- eller interpoleres fra disse. Det fremgår heller ikke hva kildene for de ulike parameterne er.

2.2.4 Transportnettverk og LoS-data

Transportnettverket representerer de fysiske framføringsmulighetene. Transportnettverket brukes sammen med kostnadsinformasjon til å generere LoS-data (Level of Service), ved bruk av en transportmodell implementert i Cube Voyager. LoS-data er matriser som gir informasjon om distanse, framføringstid og bompenger mv. for hver av kjøretøytypene. Frekvensene bestemmes i logistikkmodellen. Beregning av nye LoS-data er valgfritt ved kjøring av NGM.

Transportnettverket som brukes i NGM, er basert på transportnettverkene i de regionale persontransportmodellene (RTM) og det internasjonale nettverket fra den gamle nettverksmodellen for godstransport (NEMO).

Det beregnes i prinsippet LoS-data for 59 forskjellige kjøretøytyper, eller transportmidler. Kjøretøytypene er fordelt på hovedkategoriene tung og lett lastebil, modulvogntog, containerskip, andre skip, vognlasttog, el-tog (utenom vognlasttog), dieseltog, utenlandsferge og fly. I praksis er flere av de 59 kjøretøytypene så like at de får identiske LoS-data, og det er dermed tilstrekkelig å beregne LoS-data for 25 forskjellige kjøretøytyper.

I beregningen av LoS-matrisene tas det utgangspunkt i den generaliserte kostnaden ved de ulike rutevalgene, dvs. tids- og distanseledd for hver av kjøretøytypene, og der alle kjøretøytypene har en individuell vektning av tids- og distanseledd. For eksempel vil LoS-matrisen ta hensyn til at lastebiler med relativt høye tidskostnader bør velge *raskeste* vei,

mens lastebiler med relativt høye distansekostnader bør velge *korteste* vei. Beregningene skjer i et kapasitetsuavhengig transportnettverk, dvs. at det ikke er lagt inn kapasitetsbegrænsninger verken på den enkelte strekning eller i terminalene.

2.2.5 PINGO

Modellen PINGO brukes til å framskrive varestrømmatrisene til de ulike prognoseårene, for eksempel fra 2012, som er dagens basisår, til 2040 eller et annet fritt valgt år. PINGO er ikke en integrert del av modellsystemet NGM, men resultater herfra brukes som innsatsfaktorer i NGM. Etterspørselen er dermed gitt fra PINGO og varestrømmatrisene, både samlet og på den enkelte strekning. I vårt arbeid er vi ikke gitt mulighet til å bruke PINGO, og omtalen er derfor basert på tilgjengelig dokumentasjon.¹

PINGO er en likevektsmodell, nærmere bestemt en såkalt SCGE-modell (Spatial Computable General Equilibrium). Modellen skal representere hele den norske økonomien, men er spesielt utviklet for å beregne vekststratene for godsstrømmene innad i og mellom regioner i Norge. Den nasjonale veksten er hentet fra SSBs generelle likevektsmodell MSG (Multi Sectoral Growth). Fordelingen av veksten over regioner er basert på SSBs prognoser for fordelingen av befolkningsprognoser. Inndelingen i regioner går i PINGO etter fylke, og ikke kommune som i varestrømmatrisene.

Foruten de forutsetningene som følger av MSG og befolkningsframskrivingene om fordeling av den nasjonaløkonomiske veksten, forutsettes det ingen strukturelle endringer i PINGO. Sammensetningen av transportmidler forutsettes for eksempel å være den samme i 2040 som i dag, og all produksjonsvekst forutsettes å skje på eksisterende anlegg.

Varestrømmene fra PINGO er fordelt på tre stereotyper; strømmer fra produsent til konsument (PC), strømmer fra produsent til distributør (PW) og strømmer fra distributør til konsument (WC). Med «konsument» menes både bedrifter som driver detaljhandel og bedrifter som anvender varer som innsatsfaktor.

2.2.6 Kostnadsmodellen

Kostnadsmodellen i NGM består av flere Excel-baserte delmodeller som beregner de ulike komponentene i logistikkostnadene ut fra kostnadsdataene omtalt over. Det er logistikkostnadene som bestemmer valg av transportmiddel og -strekning i NGM. Logistikkostnadene inkluderer transportkostnader, terminalkostnader, lagerkostnader, tidskostnader for varene og evt. degraderingskostnader for varer under transport. Kostnadsmodellen er dokumentert i en egen rapport.²

Modellen inneholder detaljerte forutsetninger om oppbygging av kostnader for alternative transportløsninger. For nær 80 ulike transportmidler beregnes fremføringskostnader og kostnader knyttet til lasting, lossing og omlastning:

- Kostnader per km
- Kostnader per time
- Laste- og lossekostnader per tonn
- Laste- og lossekostnader per forsendelse

¹ Primært TØI rapport 899/2007: PINGO – A model for prediction of regional and interregional freight transport in Norway.

² TØI rapport 1435/2015: Kostnadsmodeller for transport og logistikk – basisår 2012. Stein Erik Grønland/SITMA.

Transportmidlene omfatter 10 typer biler, 16 typer tog og hele 50 typer skip (5 container-skipstørrelser, 7 typer stykkgodsskip, 8 typer tørrbulkskip, 3 typer RoRo-skip, 3 typer kjøleskip, 6 typer tankskip, 4 typer gasstankskip, 2 typer kystbåter (sideport), 2 typer brønnbåter, i tillegg til kystrorobåt, sideportbåt for levende dyretransport, supplybåt for offshore, 2 typer utenlandsferge og cruiseskip, kjøle/fryseskip, produkt og kjemikalieskip og hurtigbåt), og to typer fraktfly.

En del kostnader utarbeides også for hver av de 39 varegruppene. Dette gjelder kostnader for lagerhold og bestilling, tidskostnader, degraderingskostnader og varevederlag i havner, i tillegg til kostnader for lastning, lossing og overføringskostnader for sjøtransport.

For hver av de ti biltyperne kalkuleres kostnadene slik at de årlige kostnadene for en transportstrøm fra A til B med X tonn last over Y forsendelser, består av følgende elementer:

Lastekostnader per tonn * X
+ Lastekostnader per skipning * Y
+ Distansekostnader per km * (Distanse A->B)
+ Tidskostnader per time * (Distanse A->B)/(Hastighet for kjøring A->B)
+ Lossekostnader per tonn * X
+ Lossekostnader per skipning * Y

Hver av disse kostnadene beregnes som funksjoner av flere elementer, og det er disse elementene det samles inn data for, se eget avsnitt om kostnadsdata.

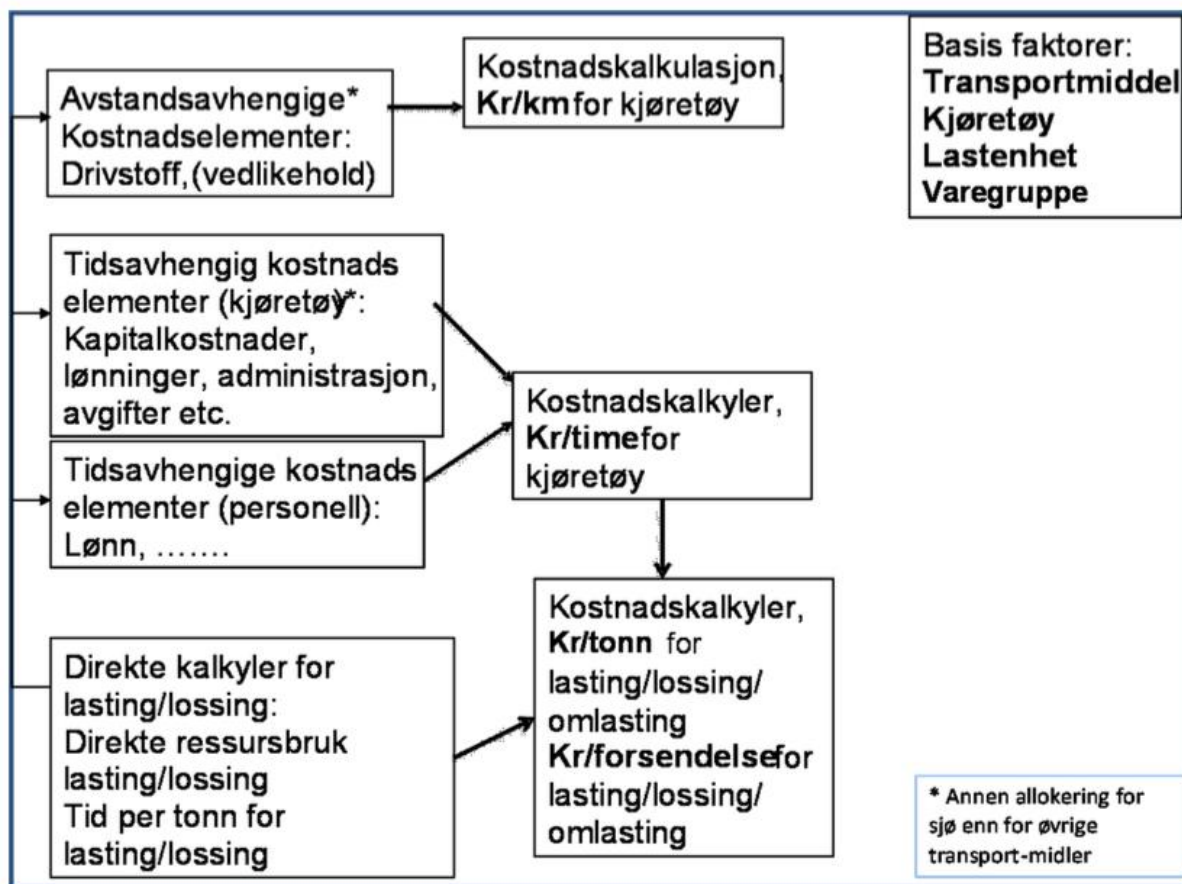
Selv om kostnadene beregnes på svært detaljert nivå, brukes resultatene på aggregert form videre i modellsystemet. Resultatrapporteringen fra kostnadsmodellene gjelder dermed et begrenset antall parametere:

- Distanseavhengige kostnader (kr/km) for kjøretøy
- Tidsavhengige kostnader for kjøretøy og personale (kr/time)
- Kapitalkostnader for kjøretøy og varer under frakt (kr)
- Terminalkostnader, lastning, lossing, omlasting (kr/tonn)
- Lagerkostnader (kr/tonn)
- Ordrekostnader (kr/ordre)

Prinsippene bak kostnadsmodellen fremgår av Figur 2.2. Til venstre vises de parameterne som inngår i kostnadsfunksjonene. Videre skjer følgende:

- De avstandsavhengige parameterne (øverst til venstre) brukes til å beregne kostnader i kr/km
- De tidsavhengige kostnadselementene for kjøretøy og de tidsavhengige kostnadene for personell brukes sammen til å beregne kostnader i kr/per time for kjøretøy
- Det inngår en egen kalkyle for laste- og lossekostnader. De direkte laste- og lossekostnadene brukes sammen med de beregnede kostnadene i kr/time for kjøretøy (fra forrige trinn) for å beregne kr/tonn og kr/forsendelse for lastning og lossing. Omlastingskostnadene beregnes ut fra laste- og lossekostnadene.
- Basisfaktorene (øverste høyre hjørne) er de størrelsene kostnadene beregnes for.

Figur 2.2 Prinsipper i beregningen av transportmiddelspesifikke kostnader



Kilde: TØI rapport 1435/2015, Figur 2.1.

2.2.7 Logistikkmodellen

Det er logistikkmodellen som beregner valg av sendingsstørrelse og transportkjede, dvs. transportmiddel og -rute, ut fra alle de andre bestanddelene i NGM omtalt i avsnittene over.. Logistikkmodellen er omtalt i TØIs generelle brukerveiledning for NGM, men også i en egen rapport (de Jong, Ben-Akiva, Baak, & Grønland, 2013)¹.

Logistikkmodellen bestemmer valget av sendingsstørrelse og transportkjede ut fra minimering av logistikkkostnadene som omtalt over. Logistikkvalgene bestemmes for 39 aggregerte varegrupper, om lag 500 soner og nær 80 transportmidler. Varestrømmatrisene angir hvor mye gods innenfor hver enkelt varegruppe som skal transporteres mellom hver av sonene. Modellen produserer matriser per varegruppe og transportmiddel for antall tonn gods mellom alle par av soner og terminaler.

Logistikkmodellen kjøres sekvensielt over de 39 varegruppene i modellen, dvs. at sendingsstørrelsene og transportkjede bestemmes for en og en varegruppe av gangen. Dette innebærer at modellen gir et stort antall ulike løsninger for de samme endogene variablene.

Logistikkmodellen består av i alt seks underprogrammer:

¹ de Jong, Gerard, Moshe Ben-Akiva og Jaap Baak (Significance) og Stein Erik Grønland (SITMA) (2013): «Method Report – Logistics Model in the Norwegian National Freight Model System» (Version 3).

1. FIRM2FIRM etablerer varestrømmer mellom bedrifter med utgangspunkt i varestrømmer mellom soner (PINGO).
2. BUILDCHAIN generer transportkjeder mellom sonepar
3. CHAINCHOICE bestemmer optimal størrelse på forsendelser og optimal transportkjede for varestrømmene
4. CONSOLIDATE bestemmer kjøretøytyper og lastefaktor for jernbane og skip
5. EXTRACT beregner OD-matriser
6. CONSTRAINTS behandler kapasitetsskranker i jernbanesystemet

For å identifisere optimal sendingsstørrelse og transportkjede gjennomføres beregningene i flere iterasjoner, hvor output fra et underprogram benyttes som input i videre beregninger.

Nærmere om de enkelte programmene

Etablering av varestrømmer mellom bedrifter (Firm2firm)

Varestrømmer mellom bedrifter, heretter B-til-b, etter «bedrift til bedrift» etableres på grunnlag av sone-til-sone varestrømmatriser (PWC-filer), samt opplysninger om antall produsenter, distributører og konsumenter i hver sone (Opplysninger som ligger i produksjon- og konsumfiler) og hva slags varestrøm det dreiser seg om.

Reglene for fordeling er hardkodet og kan ikke endres av bruker.

Generering av transportkjeder mellom sonepar (Buildchain)

Prosedyren bygger opp «beste» transportkjede på alle relasjoner mellom sonepar. Rutinen gjennomføres for et utvalg kjøretøytyper (noe tilpasset typiske kjøretøyer i hver varegruppe) og inkluderer kombinasjoner av kjøretøytyper og identifisering av optimale transferpunkter.

Valg av sendingsstørrelse og transportkjede (Chainchoice)

Som grunnlag for valg av sendingsstørrelse og transportkjede identifiseres et sett av mulige ruter (transportkjeder) mellom alle soner og terminaler i modellen. Transportkjedene kan bestå av flere ledd satt sammen av i alt 11 ulike modes/submodes. Det er i alt 27 predefinerte typer transportkjeder. For hvert sonepar undersøkes om de ulike typene er tilgjengelige – og identifiserer optimal kjede for hver av de 27 typene. Trinne i dette programmet er som følger:

1. Anslå sendingsstørrelse (og frekvens) på grunnlag av ordrekostnader, årlig volum, lagerkostnader, rentenivå og vareverdi.
2. Varier frekvens (og sendingsstørrelse) i et intervall rundt anslått sendingsstørrelse.
3. Beregn samlede logistikkostnader for hver transportkjede og frekvens.
 - a. Utvid søkeområdet hvis laveste logistikkostnader finnes for laveste av undersøkte frekvenser
4. Velg transportløsning (transportmiddel, frekvens og sendingsstørrelse) som gir de laveste totale logistikkostnader.

Konsolidering (Consolidate)

Rutinen identifiserer forsendelser som kan fraktes i samme lastbærer – og kjøres for varegrupper hvor samlastning er praktisk gjennomførbart. Rutinen gjentas flere ganger. I første iterasjon beregnes konsolideringsgraden på grunnlag av transportkjedene fra *BuildChain* og eksogent gitte lastefaktorer, i senere iterasjoner benyttes lastefaktorer beregnet innenfor modellen (*ChainChoi*).

For å fange opp at mange lastbærere frakter varer for fra ulike varegrupper samtidig, er det også etablert en rutine for å håndtere dette. Modelldokumentasjonen (Madslien, Steinsland, & Grønland, Nasjonal godstransportmodell. En innføring i bruk av modellen, 2015) inneholder en oversikt over konsolideringsmuligheter i modellen. Versjonen inneholder 3 konsolideringsclustre som inneholder til sammen 13 varegrupper:

1. **Frukt, grønt, blomster og planter, innsatsvarer og termo, fryst fisk og sjømat, termovarer, konsum (4 varegrupper)**
2. **Tømmer og produkter fra skogbruk, trelast og trevarer (2 varegrupper)**
3. **Matvarer konsum, drikkevarer, organiske råvarer, andre råvarer, plast og gummi, maskiner og verktøy, byggevarer, forbruksvarer og bearbeidet fisk (9 varegrupper)**

Videre er det konsolidering innenfor varegruppen for ytterligere 14 varegrupper, mens det for de siste 10 varegruppene ikke tillates noen form for konsolidering.

Konsolideringsrutinen inneholder en multiplikator (*EXP*) som blåser opp årlige transporterte volumer i en varegruppe. Multiplikatoren gis eksogent og baseres på statistikk for godssomfang for hver av varegruppene som inngår i konsolideringsklusteret. Multiplikatoren er felles for alle sone-sone relasjoner i hver varegruppe.

Beregning av OD-matriser (Extract)

Rutinen beregner sone til sone matriser med tonn pr. kjøretøytype og kjøretøy.

Kapasitetsskranker i jernbanesystemet (Constraints)

Det er utviklet en rutine for håndtering av kapasitetsskranker i jernbanesystemet (terminal- og sporkapasitet). Rutinen kjøres etter en ordinær modellberegning og starter med at det knappe faktorer identifiseres og skyggepriser (utgangspunkt) for disse etableres. Gjennom flere iterasjoner med reberegning av transportvolumer og skyggepriser identifiseres deretter løsning som ivaretar kapasitetsskrankene.

Resultatrapportering

Resultater rapporteres i form av:

1. Makrotall pr. varegruppe
2. Matriser for antall kjøretøy mellom alle par av soner og terminaler
2. Det er også utviklet en tilleggsmodul med sikte på å studere effekter av kapasitetsbegrensninger på jernbanestrekninger og/eller -terminaler

Hva som bestemmes eksogent og endogent

Logistikkmodellen fordeler eksogent gitte transportstrømmer mellom transportmidler. Også prisprognoser og transportnettverk (inklusive terminaler) gis eksogent. Logistikkmodellens funksjon er derfor begrenset til å fordele varestrømmene på ruter og (varianter av) transportmidler.

Tre stereotyper varestrømmer

I varegruppene er varene delt inn etter hvilke krav de stiller til transportkvalitet, og hvor i verdikjeden varen er. Et viktig skille går mellom innsats- og konsumvarer. Varestrømmatrisene deles inn i seks kategorier av sone-til-sone-varestrømmer, som i modellen deles inn i tre stereotyper, 1-3:

- PC: fra produksjon til konsum (1)
- PP: fra produksjon til produksjon (legges til PC)
- PW: fra produksjon til distributør (2)
- WW: fra distributør til distributør (legges til PW)

- WC: Fra distributør til konsum (3)
- WP: fra distributør til produksjon (legges til WC)

I logistikkmodellen håndteres de tre stereotypene ulikt i overganger fra sone-sone til bedrift-bedrift (b-til-b) varestrømmer:

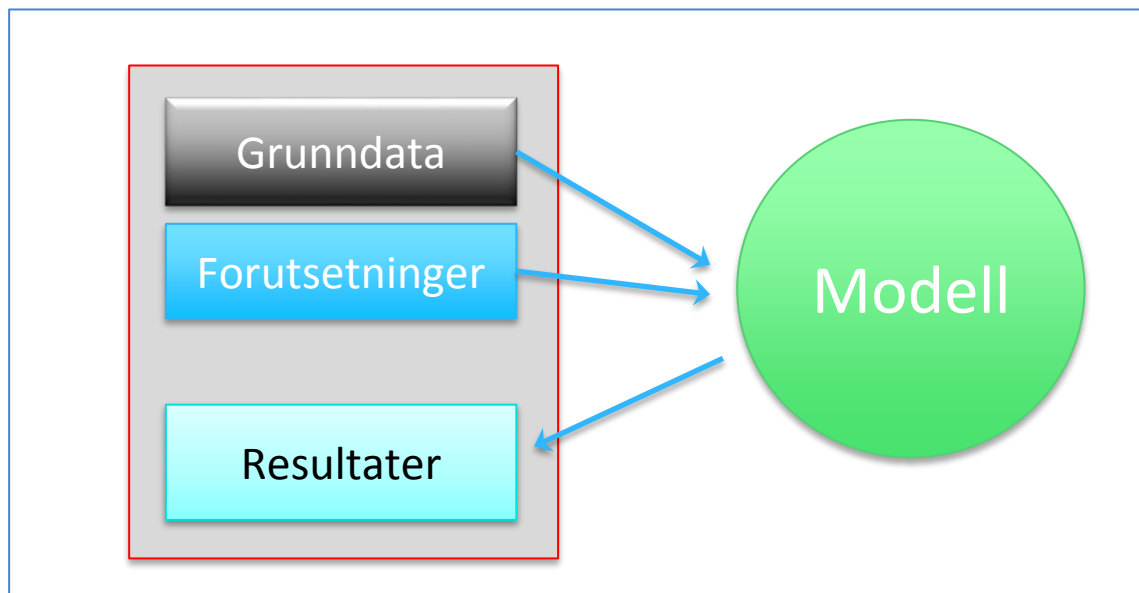
- Varestrømmer fra produksjon til produksjon/konsum (PC) kan ha flere mottakere og sendere i hver sone (innenlands). For eksport og import forutsettes en mottaker / sender i utenlandssone.
- Varestrømmer fra produksjon eller distributør til distributør (PW) kan ha flere sendere, men bare en mottaker pr. sone
- Varestrømmer fra distributør til produksjon eller konsum (WC) har en sender pr. sone, men kan ha flere mottakere.

Antallet b-til-b-relasjoner og volumet på hver relasjon bestemmes på grunnlag av volumer i PWC-matrisene og opplysninger om antall produsenter, distributører og konsumenter, med tilhørende opplysninger om gjennomsnittsvolum gitt i produksjons- og konsumfilene (de Jong, Ben-Akiva, Baak, & Grønland, 2013). For PC-relasjoner oppgis at antall varestrømmer begrenses dersom volumet i PWC-matrisen er mindre enn 2 tonn. Det oppgis ikke om tilsvarende regler benyttes også for PW og WC-varestrømmer.

2.3 Et skritt tilbake: Hva er en modell?

Som utgangspunkt for vurderingen av NGM vil vi ta et lite skritt tilbake – og kort gå gjennom oppbygging av en modell og avklare begreper og grunnlaget for vurderinger i denne rapporten.

Figur 2.3: Skisse av et modellsystem



Kilde: Vista Analyse

Et modellsystem kan bestå av fire hovedelementer, som vist i Figur 4.2; Grunndata, forutsetninger (parameterverdier), selve modellen og resultatene.

Modellspesifikasjon: Likninger og parameterverdier som definerer sammenhenger mellom variabler i modellen. Modellens variabler deles i to hovedtyper: **Eksogene variabler** inneholder verdier / input til modellen (grunndata, parameterverdier). **Endogene**

variabler inneholder output (resultater) fra modellen. Formålet med å bygge modeller er å etablere systematikk for å identifisere hvordan tilstanden til en variabel påvirkes av tilstanden på et sett av andre variabler.

Likningen (i) nedenfor er en modellspesifikasjon, hvor y er det endogene variable og x_1 er den eksogene variable.

$$(i) \quad y = f(x_1)$$

Likningen (i) definerer at det er en sammenheng mellom en eksogen og en endogen variabel, men spesifiserer ikke hvordan variablene henger sammen. Med tilgang til observasjoner av variablene, kan vi gjennom statistiske analyser finne ut mer om avhengigheten.

$$(ii) \quad y = \alpha * x_1 + \beta$$

Likningen (ii) inneholder eksempel på avhengighet hvor verdien av den endogene variabelen y bestemmes av størrelsen på den eksogene variabelen x_1 og to parametre; α som avhenger av størrelsen på x_1 og β som er en konstant. Gitt verdien av x_1 kan vi dermed predikere verdien av y .

Størst sikkerhet om predikasjonene har vi når verdiene av x_1 er innenfor variasjonsområdet i datagrunnlaget som er benyttet som utgangspunkt for kalibrering/estimering av parametrene α og β . For verdier av x_1 utenfor variasjonsområdet i datagrunnlaget øker usikkerheten. Vi utfordrer modellens **gyldighetsområde**.

Hva så hvis den endogene variabelen y ikke bare avhenger av en eksogen variabel, x_1 , men av en vektor av eksogene variabler $x_1 \dots x_n$:

$$(iii) \quad y = f(x_1 \dots x_n)$$

I dette tilfelle vil ikke modellen (ii) kunne brukes til å gi anslag for verdien av y siden verdien også påvirkes av verdien på variablene $x_2 \dots x_n$. Modellen er **underspesifisert**. For å predikere verdien av y har vi behov for å identifisere sammenhenger mellom y og alle variablene $x_1 \dots x_n$. Med en enkel funksjonsform kan dette skrives som:

$$(iv) \quad y = \sum_i \alpha_i * x_i + \beta$$

Dersom vi nå har identifisert alle variabler $x_1 \dots x_n$ som påvirker y og verdien av variablene $x_1 \dots x_n$ er **uavhengige** av hverandre, kan modellen nå benyttes til å anslå hvordan y påvirkes av endringer i størrelsen på enkeltvariabler x_i . Er det avhengigheter mellom variablene dvs vi har tilfeller hvor en eller flere x_i avhenger av andre variabler, er også modellen (iv) underspesifisert. Den må suppleres med sammenhenger av typen:

$$(v) \quad x_i = g_i(x_1 \dots x_n)$$

Variablene som bestemmes innenfor modellen, men som samtidig påvirker verdien av andre variabler er ikke eksogene variabler når vi betrakter modellen som en helhet. I noen tilfeller vil det være mulig å etablere et **modellhierarki** som består av et sett med likninger som bestemmer størrelsen på modellens endogene variabler og et eller flere sett med likninger som bestemmer størrelsen på variablene som inngår som input i øverste ledd i modellhierarkiet. Hvis vi lar $z_1 \dots z_n$ betegne variabler som er eksogene i nederste ledd, $x_1 \dots x_n$ er variabler som er endogene i nederste ledd i hierarkiet og eksogene i øverste ledd i hierarkiet og $y_1 \dots y_n$ er variabler som er endogene på øverste ledd i hierarkiet, kan vi etablere en modell med et sett av likninger som beskrevet i (vi) og (vii).

$$(vi) \quad y_i = f_i(x_1 \dots x_n)$$

$$(vii) \quad x_i = g_i(z_1 \dots z_n)$$

Også med en slik type modellhierarki er det utfordrende og/eller komplisert å fange opp alle avhengigheter innenfor modellen. Likevel er det vanlig å etablere slike modellstrukturer. Det er flere årsaker til det:

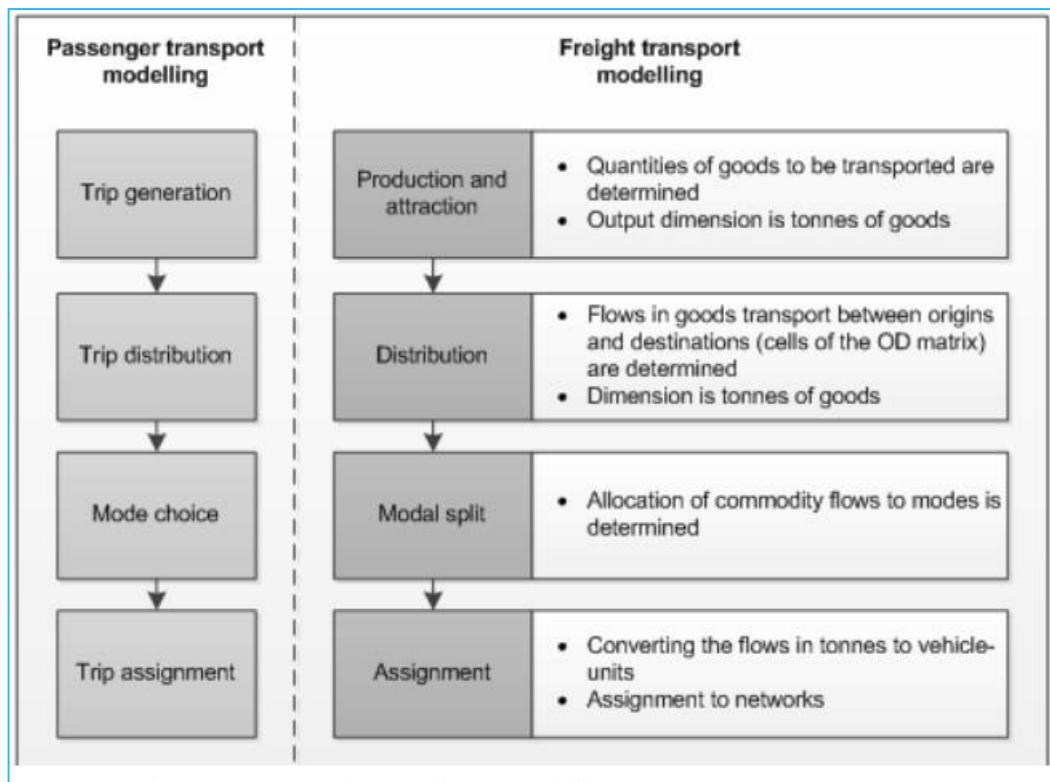
- Knapphet på ressurser til utvikling, bruk og vedlikehold av modellene
- Manglende tilgang på data som er nødvendig for å estimere/kalibrere kompliserte sammenhenger
- Manglende kunnskap om sammenhenger

2.4 Samspillet i modellsystemet NGM

Når vi skal forstå samspillet i det modellsystemet som utgjør NGM, er det nyttig å se hen til «firetrinnsmetodikken». Dette er et kjent begrep innen modellering av persontransport, og det eksisterer avanserte modellverktøy og et stort antall modeller bygget opp med utgangspunkt i denne. Modellene er bygget opp hierarkisk: turgenerering→turfordeling→reisemiddelvalg→nettutlegging, men ofte slik at tilstanden i nettet påvirker både turfordeling og reisemiddelvalg. Rutinene på trinn 2-4 gjentas derfor inntil det oppnås likevekt, karakterisert ved at tilstanden i nettet er den samme når den benyttes som input på trinn 2 og 3 og som output på trinn 4.

For godstransporttransport er situasjonen annerledes. Kommersielle verktøy er kun egnet til å dekke enkelte av beslutningstrinnene. Etablering av modellsystemer forutsetter derfor utvikling av egne modeller for å håndtere de første trinnene. Modellsystemene som er utviklet i Norge, Sverige og Sveits er eksempler på en slik tilnærming.

Figur 2.4: Firetrinnsmodeller for passasjertransport og godstransport



Illustrasjon hentet fra (Brümmerstedt, Flitsch, & Jahn, 2015)

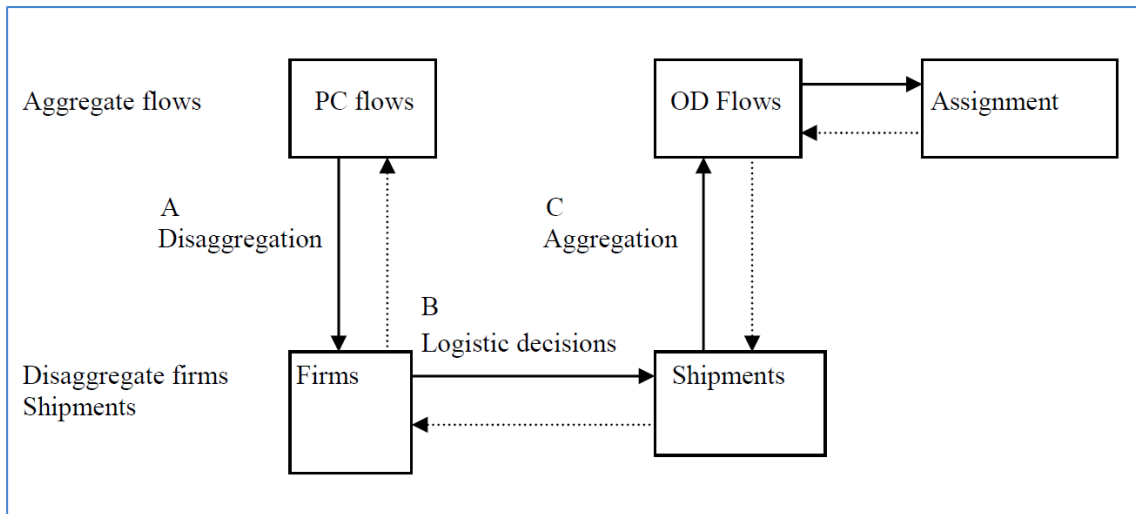
Figur 2.4 illustrerer hvordan dataflyten i firetrinnsmodeller for persontrafikk kan «oversettes» til godstransport. NGM dekker alle de fire trinnene. Pilene i figuren indikerer at de fire trinnene gjennomføres sekvensielt. Dette stemmer for NGM, men i liten grad for modellverktøy som benyttes innenfor persontransport. I disse modellene bestemmes oftest antall reiser, reisemønster, valg av transportmiddel og reiserute simultant. Dette gjøres ut fra en erkjennelse av at det er gjensidig påvirkning mellom de fire trinnene i modellen.

Flere av forholdene vi ønsker å belyse nærmere kan relateres til dataflyten i NGM. Kvaliteten på transporttilbudet har stor betydning for godsstrømmer og samlede transporterte volumer. En viktig problemstilling i arbeidet er derfor å vurdere betydningen av (herunder både behovet for og muligheter til) å utvikle modellsystemet i retning av simultane valg, eller om det primært bør satses på å utvikle bedre prognoser for volumer og aggregerte transportstrømmer.

Nasjonal Godsmodell baseres på varestrømmer og transportstrømmer på aggregert nivå (sone til sone), mens logistikkbeslutningene gjøres på disaggregert nivå (bedrift). Modelltypen betegnes ADA (Aggregate-disaggregate-aggregate) og karakteriseres ved:

1. Baseres på aggregerte volumdata
2. Simulerer logistikkbeslutninger basert på individuelle bedrift-bedrift strømmer
3. Bedrift-bedriftstrømmene aggregeres opp til sone-sone volumer for nettutlegging

Figur 2.5: Aggregert og disaggregert nivå i modellen.



Illustrasjon hentet fra (de Jong, Ben-Akiva, Baak, & Grønland, 2013)

Nasjonal Godsmodell (NGM) består av 3 selvstendige modeller:

- PINGO som etablerer og framskriver sone til sone varestrømsmatriser med utgangspunkt i gjennomførte varestrømsundersøkelser.
- Kostnadsmodellen som etablerer kostnadsforutsetninger for Logistikkmodellen
- Logistikkmodellen som – for gitte varestrømmer og kostnadsforutsetninger – fordeles varestrømmene på bedrift-bedrift-relasjoner, optimaliserer sendingsstørrelser og fordeler sendingene på ulike transportmidler.

PINGO/varestrømsmatrisene dekker trinn 1 og trinn 2 i modellen, mens Logistikkmodellen dekker trinn 3 og 4 – inkludert disaggregering og aggregering av transportstrømmer. Kostnadsmodellen gir input til Logistikkmodellen.

2.5 Brukergrensesnitt og dokumentasjon

Basismatrisene fremskrives ved kjøring av den GAMS-baserte likevektsmodellen PINGO, mens kostnadsfilene fremkommer fra kjøring av en Excel-basert kostnadsmodell. Logistikkmodellen er utviklet i et eldre programmeringsspråk som må kjøres fra DOS.

PINGO er produsent eid programvare utviklet og anvendt av Transportøkonomisk Institutt. Output fra PINGO som benyttes i Logistikkmodellen er sone til sone varestrømmatriser fordelt på modellens 39 varegrupper. Vi har ikke hatt tilgang til modellverktøyet i vårt arbeid med evaluering av NGM. Deler av modellens ligningssystem er dokumentert i forbindelse med utarbeidelse av grunnprognoser for godstransport til NTP 2018-2027 (Hovi, Caspersen, Johansen, Madslie, & Hansen, 2015).

Den Excel-baserte kostnadsmodellen produserer kostnadsfiler (tekstfiler) som input til Logistikkmodellen. Det er utviklet makroer som automatiserer uttrekket av kostnadsforutsetninger. Enkelte variabler kan endres av brukere av modellen, kombinert med makroene gir dette muligheter for raskt å etablere nye sett av kostnadsforutsetninger. Andre variabler ligger i passordbeskyttede ark. Endringer i disse forutsetningene må derfor gjøres utenfor kostnadsmodellen, ved direkte editering av tekstfilene eller ved å åpne tekstfilene i Excel eller andre verktøy. Kostnadsmodellen er utviklet av SITMA og er siste gang oppdatert i 2015, med kostnadsdata for 2012. (Grønland, Kostnadsmodeller for transport og logistikk - basisår 2012, 2015).

Logistikkmodellen kan kjøres som et frittstående program, men det er også utviklet et grensesnitt for bruk av modellen i CUBE Voyager. I vårt arbeid har vi benyttet den frittstående versjonen. Data som er nødvendige for å kjøre modellen ligger dels i inputfiler (bl.a fra kostnadsmodellen, PINGO og Cube), videre ligger en rekke forutsetninger / parameterverdier i kontrollfiler. Modellen genererer et stort antall resultatfiler, etter en modellkjøring med NGM inneholder modellarkivet i Logistikkmodellen totalt ca. 1.800 filer. Det er ikke etablert noen systematikk for å identifisere datasett (resultatfiler, inputfiler eller parameterverdier) fra den enkelte kjøring. Logistikkmodellen er utviklet av Significance og SITMA, med første versjon i 2008. Eksisterende versjon 3 er dokumentert i 2013 (de Jong, Ben-Akiva, Baak, & Grønland, 2013).

CUBE Voyager er en nettverksmodell som generer matriser med transporttid og distanse mellom modellens ulike soner. Matriser etableres for et stort antall kjøretøytyper innenfor hver transportmiddel. Kombinert med enhetskostnader for transporttid og distanse og informasjon om terminalkostnader får man fram transportkostnadene ved alle transportløsninger. I tilknytning til CUBE er det også utviklet et felles brukergrensesnitt for gjennomføring av beregninger med NGM. I tillegg til å genere LOS-data til Logistikkmodellen, gir brukergrensesnittet muligheter for å endre kostnadsforutsetninger, gjennomføring av beregninger med Logistikkmodellen og scenariospesifikk lagring av input- og outputfiler.

3. Problematiske sider ved NGM

3.1 Et ambisiøst og ugjennomtrengelig modellsystem

Formålet med denne rapporten er å vurdere hvilket anvendelsesområde NGM bør ha, og hvordan NGM bør videreutvikles for å fungere best mulig innenfor dette. I forrige kapittel så vi at dette modellsystemet består av en rekke delmodeller som tar i bruk et stort antall datasett fra ulike kilder. Ambisjonsnivået er høyt: NGM modellerer godstransporten for 39 ulike varegrupper, 59 transportmidler og nær 500 soner. Modellen skal kunne brukes til å predikere endringene i godstransporten både på detaljert og aggregert nivå – og opp mot X år frem i tid. Det er vanskelig nok å spå om fremtiden på et aggregert nivå: Hvordan vil behovet for godstransport utvikle seg over de neste 30 årene? Det er enda vanskeligere å etterpå skulle fordele dette over varegrupper, transportmidler og soner: Vil jernbane spille en større rolle fremover? Hvilke terminaler vil bli lagt ned? For å kunne lage slike prediksjoner er det nødvendig å gjøre en rekke forutsetninger, dvs. å identifisere forhold som antas å være oppfylt. Både delmodellene og samspillet mellom dem hviler på forutsetninger. Hver av forutsetningene kan påvirke resultatene, slik at brudd på en forutsetning kan gi feil prediksjoner. Kvaliteten på datasettene utgjør en annen kritisk innsatsfaktor for prediksjonene fra modellen.

Ambisjonsnivået for NGM gjenspeiler seg i et nærmest ugjennomtrengelig modellsystem. I dag skjer bruken av NGM i all hovedsak i et samarbeid mellom to aktører: TØI og SITMA. Ingen andre enn disse har tilgang til alle delmodellene eller datasettene. Det er riktignok mulig å kjøre NGM gjennom Cube, men mye av informasjonen om sentrale forhold som kostnader og godsmengde må tas som gitt. Deler av den Excel-baserte kostnadsmodellen ligger i skjulte ark, slik at vi ikke ser alle forutsetningene. I dette prosjektet har vi for eksempel ikke hatt mulighet til å endre forutsetningene om det som utgjør de største kostnadene, dvs. laste- og lossekostnader, men må gjøre endringer lenger ut i beregningene i en tekstfil. Vi har heller ikke fått tilgang til PINGO, som kjøres av TØI, slik at det ikke har vært mulig å vurdere hvordan denne fungerer.

Detaljnivået gjør at datasettene blir svært ressurskrevende å vedlikeholde og øker muligheten for feil. Med varestrømmatriser for 39 ulike varegrupper, om lag 500 soner og tre aktører, vil det nødvendigvis være krevende både å samle inn relevant informasjon om alle størrelsene og å unngå rene tastefeil i vedlikeholdet av datasettene. Det samme gjelder kostnadsmodeller som beregner en rekke ulike kostnadskomponenter for 59 ulike transportmidler.

Samtidig er modellsystemet basert på til dels svært enkle forutsetninger om aktørenes atferd og muligheter. Et eksempel er at produksjonssted og lagersted forutsettes å være uendret fra basisåret til prognoseåret, dvs. fra 2012 til for eksempel 2050. Dette kan gjøre at modellen gir langt mindre endringer i tilpasningen enn det som er rimelig å forvente, siden aktørene i modellen ikke har mulighet til å flytte produksjonen eller lagrene, bare til å tilpasse valget av transportmiddel og -strekning ut fra de produksjons- og lagerstedene som allerede finnes. Optimaliseringen i modellen blir dermed snevrere enn i virkeligheten.

Vårt eget ambisjons- og detaljnivå i vurderingen av NGM må nødvendigvis bli begrenset. Vi går i det videre igjennom *noen* av de forholdene ved delmodellene og datasettene som kan være viktige for hvordan modellen bør brukes og videreutvikles. Vi har prioritert de forholdene vi tror er de viktigste blant de vi faktisk har fått tilgang til å vurdere, og gått grundig inn i disse. I tillegg drøfter vi et større antall andre forhold som vi mener kan være av betydning, men der vi ikke har hatt kapasitet til annet enn en overfladisk vurdering. Denne drøftingen er basert på funn i forbindelse med dette arbeidet, vår rapport «Samfunns-

økonomisk analyse av tiltak innenfor godstransport» fra 2015 og den tilgjengelige dokumentasjonen av modellene og datasettene. Overblikket gir vi i dette kapitlet, sammen med en drøfting av metode. I de neste kapitlene går vi nærmere inn i enkelte forhold.

3.2 Sentrale problemstillinger

3.2.1 Trendbrudd i prognosene tyder på at noe er galt

Det at en modell er ambisiøs og ugjennomtrengelig, er ikke nødvendigvis til hinder for at den fungerer utmerket. Kvaliteten på modellen kan vurderes ved dens prediksjonskraft: I hvor stor grad lykkes den i å predikere det som faktisk har skjedd? Slike analyser er imidlertid en mangelvare, særlig på detaljert nivå.

Unntak er vår egen rapport fra 2015 (Ekhaugen, Homleid, & Rasmussen, 2015), der vi sammenholdt den historiske utviklingen for flere av de størrelsene modellen predikerer, med resultatene fra modellen. Resultatene var foruroligende. Dette er viktig: En samfunnsøkonomisk analyse av et tiltak krever at virkningen av tiltaket beregnes i forhold til en referansebane. I analyser av tiltak innenfor godstransport lages referansebanen ved NGMs framskrivninger av godstransportmarkedet med tilhørende transportmiddel-fordeling. Også virkningene av tiltakene beregnes i NGM, som differansen mellom utviklingen med tiltak og referansebanen. Gyldigheten av analysene avhenger dermed kritisk av modellens prediksjonskraft.

I 2016 har også Transportøkonomisk Institutt levert en rapport (Grue, Madslie, & Hovi, 2016) hvor registrert utvikling i godstransport sammenliknes mot tidligere prognoser.

De påviste trendbruddene viser at NGM ikke er egnet til å analysere alle typer tiltak på gods-transportområdet. De viser også at noe er galt, og gir dermed en viktig bakgrunn for analysene av *hva* dette gale kan være. Sammenhengen mellom utviklingen og prognoser er tema for avsnitt 4.1.3.

3.2.2 Mangler i datagrunnlaget

Beregningene i NGM skjer på et svært omfattende og detaljert datamateriale, satt sammen av data fra en rekke kilder. Vårt inntrykk er at det i innsamlingen og tilretteleggingen av disse dataene ikke har vært sett tilstrekkelig hen til hva modellen faktisk krever: For eksempel legges det i modellen opp til å beregne strømmer mellom tre aktørtyper, men dette er i liten grad hensyntatt i varestrømmatrisene. Et annet inntrykk er at detaljeringsgraden i mange tilfeller er *tilsynelatende*: Antallet varegrupper, transportmidler og soner er svært stort, men det er flere eksempler på at informasjon om én varegruppe simpelthen er hentet fra informasjon samlet inn for en annen, og der det ikke er noen åpenbar logikk i at disse skulle være så like.

I denne rapporten har vi valgt å gå nærmere inn i varestrømmatrisene, og vie særskilt oppmerksomhet til de to matrisene for drikkevarer og matvarer, se avsnitt 4.2. Resultatene viser et stort behov for å gå kritisk igjennom dataene også for de øvrige varestrømmene: Grans bryggeri er gitt en uforklarlig stor rolle, mens Coca-Cola og Hansa er avspist med noen småflasker.

Kostnadsdataene har vi ikke hatt mulighet til å gjøre en skikkelig vurdering av: Slik regnearkene for kostnadsmodellen er satt opp, har vi ikke hatt tilgang til selve dataene. Av den tilgjengelige dokumentasjonen ser det imidlertid ut til å være behov for en kritisk gjennomgang også av disse.

Det tredje datasettet vi stiller spørsmål ved er produksjonsdataene, som gir informasjon om de produsentene, distributørene og konsumentene som leverer og/eller mottar hver varegruppe. Her ser vi flere indikasjoner på at ikke alt er som det bør være, men uten at vi fullt ut klarer å avdekke hva som er galt. Dette tar vi for oss i avsnitt 4.3.

Vi understreker igjen at detaljeringsgraden må ta mye av skylden for de manglene vi ser og aner i datagrunnlaget: Det er simpelthen en nærmest uoverkommelig jobb å skulle lage korrekte data for så mange varegrupper, transportmidler og soner som det er lagt opp til i NGM. Et selvstendig problem er at et slikt dataarbeid nødvendigvis må involvere svært mange aktører.

3.2.3 Tvilsomme modellforutsetninger

I vår rapport fra 2015 trakk vi frem flere modellforutsetninger som vi mente kunne være problematiske. Disse kan systematiseres som følger, med den aktuelle delmodellen i parentes:

1. Hva er konsekvensen av at modellsystemet ikke fanger opp strukturelle endringer i vareproduksjonen, som etablering, nedleggelse eller flytting av bedrifter? (PINGO)
2. Hva er konsekvensen av at modellsystemet ikke fanger opp markedsdrevne endringer i logistikkjedene, som flytting og sammenslåing av distribusjonslagre? (PINGO)
3. Er det mulig å utvikle mer presise prognoser for transportkostnader basert på utviklingen i enhetspriser for sentrale innsatsfaktorer? (Kostnadsmodellen)
4. Er en forutsetning om (tilnærmet) frikonkurransetilpasning egnet som grunnlag for å lage prognoser for utviklingen i godsmarkedet? (Logistikkmodellen)

I arbeidet med denne rapporten går vi nærmere inn på noen av disse, men har – av flere grunner – valgt å fokusere også på andre problemstillinger i tilknytning til NGM som:

5. Datakvalitet
6. Forutsetninger og beregninger knyttet til stereotypier
7. Forutsetninger og beregninger knyttet til konsolidering av varestrømmer på tvers av varegrupper.

3.2.4 Uheldige forenklinger i modellapparatet

NGM er kjennetegnet av en forbløffende detaljeringsgrad på noen områder, men også av grove forenklinger på andre. Disse forenklingene tar ulik form, og vi ser på tre av dem:

1. Utelatte variabler, dvs. at det er potensielt viktige variabler som ikke er med i modellen. Punktlighet er den variabelen vi antar er viktigst i NGM: Punktlighet er en viktig faktor for valg av transportform, og ofte vil det være et viktig mål ved tiltak på godsområdet å bedre nettopp punktligheten. Dette tar vi for oss i avsnitt 4.7.
2. Ingen stokastikk, dvs. at modellen ikke tar høyde for at transportvalgene kan påvirkes av andre forhold enn de som tas inn som forklaringsvariabler. Dette gir seg bl.a. utslag i en «alt eller ingenting»-regel i valg av transportmiddel, se avsnitt X.
3. Krav om retningsbalanse, dvs. at det ikke tas høyde for at logistikkostnadene kan være ulike i to forskjellige retninger på en strekning, se avsnitt X.

3.2.5 Brukergrensesnitt og dokumentasjon

Delmodellene i NGM er utviklet av flere aktører og med ulike verktøy, og – tilsynelatende – begrenset koordinering av utviklingsarbeidet. Det er de siste årene gjort et betydelig arbeid for å tilpasse modellsystemet til Cube, slik at logistikkmodellen kan kjøres også av andre enn TØI og SITMA. Det er imidlertid svært begrenset adgang til å se og endre forutsetningene bak, siden dette krever tilgang til PINGO og kostnadsmodellen. Disse kjøres dessuten hhv. i GAMS og Excel, slik at det uansett ville vært behov for å sette seg inn i flere programvarer og oppsett. Vi forstår det dessuten slik at TØI selv gjerne kjører logistikkmodellen i DOS, slik at en etterprøving av deres arbeid ville budt på ytterligere utfordringer.

TØI og SITMA har utarbeidet en egen brukerveiledning for NGM, TØI rapport 1429/2015. Det finnes også rapporter og notater som dokumenterer enkelte deler av modellsystemet. Samlet framstår likevel dokumentasjonen av modellen som fragmentert. Det er ikke umiddelbart enkelt å forstå sammenhenger mellom delmodellene, eller om variabler som benyttes i flere delmodeller, brukes konsistent.

Kombinasjonen av komplekst og delvis utdatert brukergrensesnitt, og usystematisk dokumentasjon gjør at terskelen for å ta i bruk modellsystemet er høy. En konsekvens av dette er at bruken av modellsystemet hovedsakelig er begrenset til de aktører som har stått for utviklingen av delmodellene. Bedre dokumentasjon og brukergrensesnitt framstår som helt nødvendig for å øke bruken av – og bygge tillit til – NGM.

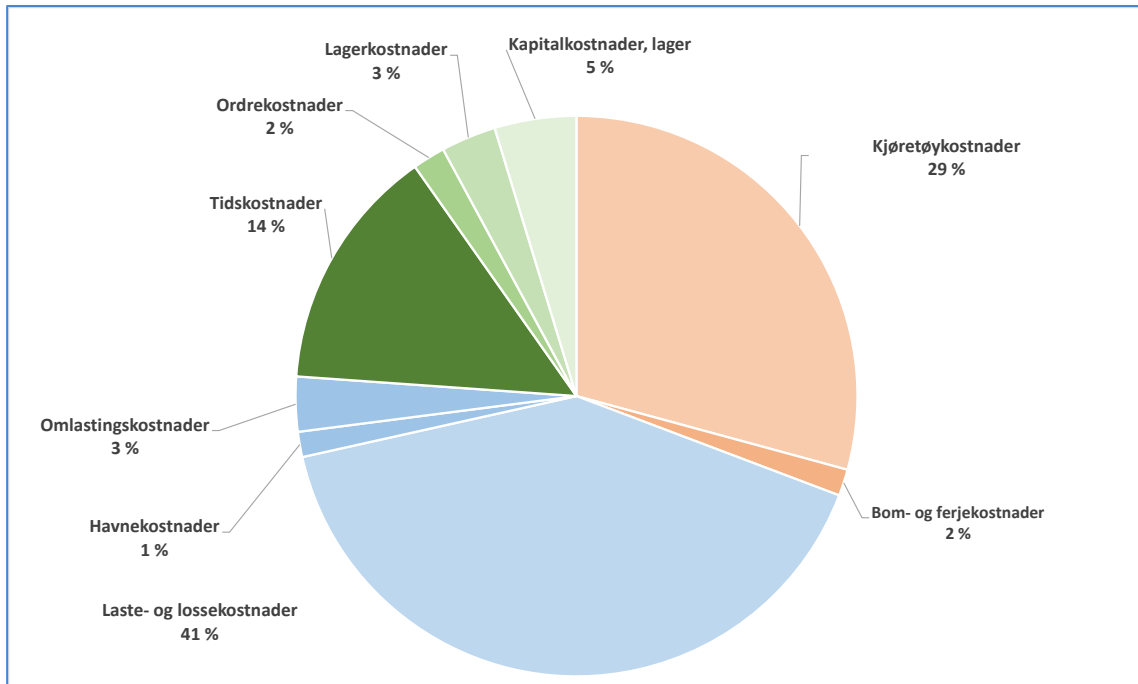
4. Nærmere om utvalgte problemstillinger

4.1 Modellens beskrivelser vs. virkeligheten

4.1.1 Fordelingen av kostnadene i Logistikkmodellen

Som utgangspunkt for vurderingene kan det være nyttig å gjengi sentrale resultater fra Logistikkmodellen.

Figur 4.1: Fordeling av kostnader, Nasjonal Godsmoell, 2012, Innenlands transport.



Kilde: Vista Analyse

Figur 4.1 viser hvordan totale kostnader i modellen (2012) fordeles på ulike kostnads-komponenter. Summert over alle varegrupper utgjør kostnader knyttet til håndtering av varene (Laste- og lossekostnader, Omlastingskostnader) til sammen nær halvparten av kostnadene. Kostnader knyttet til framføring av godset (kjøretøykostnader, bom og fergekostnader, havnekostnader) utgjør litt under 1/3 av totale kostnader mens vareeiers kostnader (tidskostnader, ordrekostnader, lagerkostnader inkl. kapitalkostnader) utgjør litt mindre enn 1/4 av kostnadene.

Det er store variasjoner i kostnadsfordelingen mellom ulike varegrupper. Laste- og lossekostnadenes andel varierer fra 11 % (Dyrefor) til 68 % (Byggevarer). For 14 av 39 varegrupper utgjør laste- og lossekostnadene mer enn halvparten av totale kostnader.

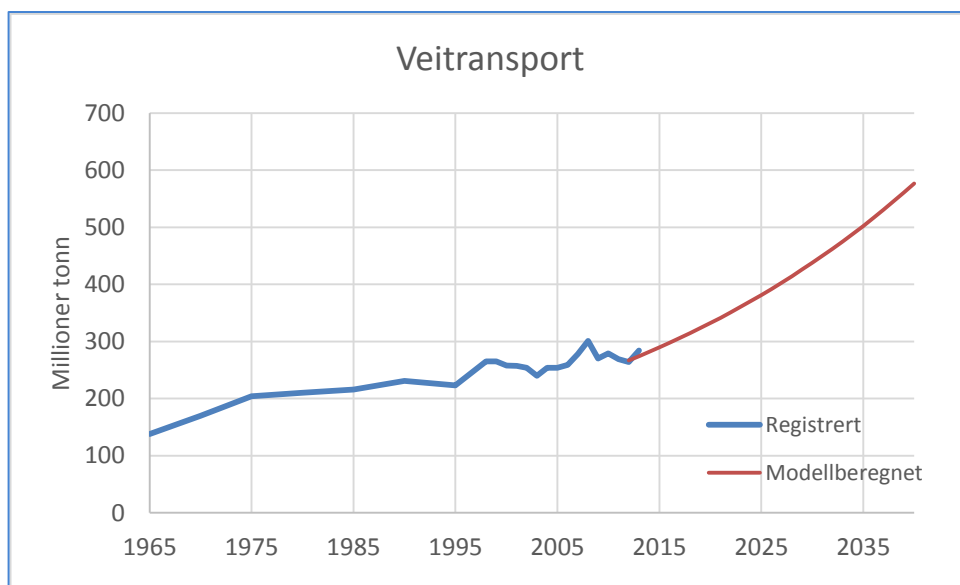
Kjøretøykostnadenes andel varierer fra 10 % (Petroleum, uraffinert) til 59 % (Dyrefor). For 9 av varegruppene utgjør kjøretøykostnadene mindre enn 20 % av totale kostnader.

Også for enkelt av kostnads-komponentene, som samlet står for en mindre andel av kostnadene, er det store variasjoner mellom varegruppene. Eksempler på dette er elektrisk utstyr (tidskostnader utgjør 37 % av totale kostnader), uraffinert petroleum (havnekostnader utgjør 33 % av totale kostnader) og bearbeidet fisk (lagerkostnader og kapitalkostnader utgjør 51 % av totale kostnader).

4.1.2 Trendbrudd mellom historisk utvikling og modellens prognoser

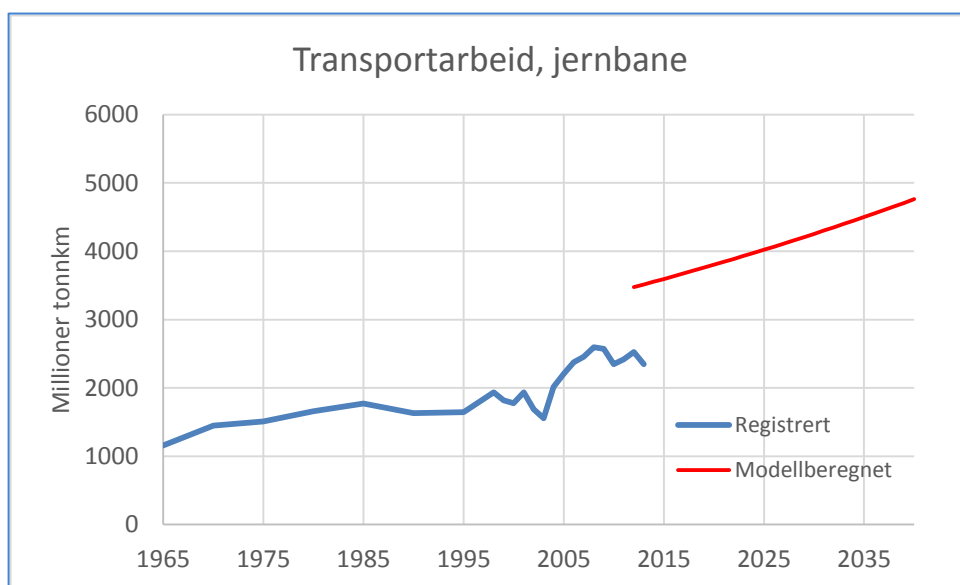
I vårt arbeid med NGM har vi sett en rekke eksempler på at prediksjonene fra NGM ikke stemmer overens med den historiske utviklingen: Det er trendbrudd som ikke lar seg forklare ut fra rimelige antakelser om fremtiden. I vår rapport fra 2015 viste vi flere tilfeller av dette. To slående eksempler er vist i Figur 4.2 og Figur 4.3.

Figur 4.2: Innenlands godstransport på vei (tonn), 1965 - 2040.



Kilde: SSB (1965-2013)

Figur 4.3: Transportarbeid med jernbane, innenlands godstransport, 1965-2040



Kilde: SSB (1965-2013)

Figur 4.2 viser utviklingen i godsmengde (tonn) på vei i perioden 1965-2013 sammenliknet med modellberegnet godsmengde (NGM) på vei i 2012 og 2040. Volumer i perioden 2012-2040 vises med forutsetning om lik prosentvis vekst i alle år. Av figuren går det fram at det er godt samsvar mellom registrert og modellberegnet godstrafikk på vei i året 2012. Det beregnes imidlertid en klart større økning i godsmengden i årene framover enn den økningen som er registrert i de senere år: Den gjennomsnittlige årlige veksten anslås til 2,8

pst. i perioden 2012-2040, mot 0,7 pst. i perioden 2000-2013. Sagt på en annen måte: Antallet tonn transportert på veg har økt med om lag 50 millioner tonn de siste 20 årene – som omfattet en gullalder i norsk økonomi – og anslås å øke med om lag 250 millioner tonn de neste 20 årene.

Figur 4.3 viser utviklingen i gjennomsnittlig fraktlengde for godstransport med jernbane. Denne har vært stigende fram til de siste årene, hvor det er registrert en klar nedgang. Modellen beregner imidlertid en fraktlengde som ligger over det som er registrert, selv i de årene der fraktlengden har vært størst.

I forbindelse med denne rapporten har vi gått nærmere inn i forholdet mellom utviklingen i hhv. tonnkm. og transporterte tonn. Det har gjennom mange år vært en større økning i tonnkm. enn i transporterte tonn. I innenriks godstransport har det de siste 20 årene vært en gjennomsnittlig årlig økning i tonn på 1,0 % pr. år. Samtidig har gjennomsnittlig transportlengde økt med 2,2 % pr. år slik at veksten i godstransportarbeid har vært 3,2 % pr. år.

I beregningene som ligger til grunn for grunnprognosene til NTP2018-2027, er økningen i tonnkm. og transporterte tonn langt likere: Det beregnes en årlig økning i transporterte godsmengder på 1,5 % pr. år, mens det beregnes en årlig økning i godstransportarbeid på 1,4 % pr. år for perioden 2012-2050. (Hovi, Caspersen, Johansen, Madslie, & Hansen, 2015). Årlige vekstrater er på 1,7 % for vei og jernbane og 1,2 % for sjøtransport.

Forutsetningene for prognosen fram til 2050 er som følger:

- Økonomisk utvikling i tråd med Perspektivmeldingen. Vekstbaner for bruttoproduksjonsverdi, import, eksport, konsum og investeringer for hver sektor er regionalisert i en likevektsmodell.
- Kommunefordelte befolkningsprognoser fra SSB (MMMM) med en beregnet gjennomsnittlig befolkningsvekst på 0,7 % pr. år i perioden fram til 2040.
- Infrastrukturprosjekter for veg fram til 2018 er inkludert i transportnettverket. Det forutsettes ingen endringer mht. terminalstruktur eller lokalisering av terminaler.
- Uendret kostnadsstruktur for alle transportformer i prognoseperioden, med unntak for svoveldirektivet for sjøtransport (SECA).

(Grue, Madslie, & Hovi, 2016) sammenlikner prognoser og prognoseforutsetninger med faktisk utvikling i perioden 2006-2014. Sammenlikningen gjennomføres for innenlands godstransport, totalt og delt på transportmidler. Hovedbildet fra sammenlikningen er som følger:

- Det er relativt godt samsvar mellom totalprognosene og registrert utvikling (både tonn og tonnkm), men det er store svingninger i registrerte godsvolumer fra år til år. Godstransporten har høy konjunkturfølsomhet. Prognosene farges av valg av basisår.
- Det har i perioden vært stagnasjon eller nedgang i omfanget av godstransport på sjø og jernbane¹ mens godstransporten på vei har økt kraftig. Utviklingstrekkene er ikke fanget opp i prognosene.

¹ På jernbane har det vært en økning i antall transporterte tonn. Dette er knyttet til malmtransport på Ofotbanen. Godstransportarbeidet (tonnkm) var i 2014 på samme nivå som i 2006, prognosene tilsa en vekst på 25 % fra 2006 til 2014.

4.1.3 Analyser av forventet utvikling innarbeides ikke i modellen

Det er gjort et omfattende arbeid for å vurdere hva en kan vente seg av trender fremover på logistikkområdet (Grønland & Hovi, Godsknutepunkter - struktur og effektivitet, TØI rapport 1128/2011). Noen av de viktigste underliggende trendene antas å være:

- Økt produktspesialisering og sentralisering av lager og distribusjonspunkter
- Økt økonomisk aktivitet i Asia
- Økt konsentrasjon og oppkjøp innenfor transportsektoren
- Økt utnyttelse av IKT-baserte verktøy
- Bruk av ny teknologi for mer miljøvennlig transport og økt utnyttelse av lastbærere
- Nye logistikk-konsepter, økt differensiering i logistikksystemer og krav til godsknutepunkt
- Økt miljøfokus

Trendene påvirker både varestrømmer (færre, men større produsenter og distributører, relokalisering av steder for produksjon og distribusjon) og konkurranseflater mellom ulike lastbærere (ulikt potensial for effektivisering/teknologisk utvikling).

Ingen av trendene fanges imidlertid opp i det settet av forutsetninger som er valgt for utarbeidelse av grunnprognoser for perioden fram til 2050. Grunnprognosene kan derfor sies å være basert på at eksisterende trender innenfor logistikken brytes: Ingen produsenter eller distributører flytter, konkurranseflater endres ikke.

Det er enkelt å finne eksempler på at trenden i retning av færre, men større, produsenter og distributører stadig pågår. Orklas beslutning om å konsentrere produksjonen på færre steder (Boks 4.1) er et eksempel på dette. Av teksten går det fram at effektiv logistikk er en viktig begrunnelse for beslutningene.

Usikkerhet knyttet til framtidige varestrømmer vil være et vesentlig bidrag til samlet usikkerhet i beregningene når NGM anvendes til langsiktige prognoser. Samtidig er det vanskelig å se hvordan metoder for beregning av varestrømmer langt fram i tid kan utvikles med sikte på å gi bedre presisjon. For mange varegrupper er det høy sannsynlighet for at det vil bli færre og større produksjonsenheter, men vi kan vanskelig forutsi hvilke enheter som vil bli lagt ned, hvilke som vil vokse eller om det vil komme nyetableringer på nye steder.

Boks 4.1: Produktspesialisering og sentralisering. Eksempel

29.03.2016 15:00 endret 31.08.2016 15:52



Styret i Orkla Foods Norge har i dag vedtatt å flytte produksjonen fra Gimsøy Kloster i Skien til andre Orkla-fabrikker. I tillegg har styret fattet en intensjonsbeslutning om å endre selskapets fabrikkstruktur i Rygge.

De ansatte i Rygge og Skien ble informert om vedtakene i allmøter i dag.

Virksomheten ved Gimsøy Kloster i Skien (Orkla Foods Norge avdeling Skien) vil bli nedlagt, og all drikkeproduksjon flyttes til Kumla i Sverige. Fun Light og Tomtegløgg utgjør de største produksjonsvolumene, men Gimsøy Kloster har også produksjon av blant annet energidrikk i pulver og ulike essenser, som vil bli flyttet til andre Orkla-fabrikker. De ansatte ble i begynnelsen av februar varslet om en mulig nedleggelse, og det har blitt gjennomført en drøftelsesprosess med ansatte og tillitsvalgte.

- Vi har drøftet alternativer til nedleggelse, men står fast ved at det er nødvendig å flytte virksomheten for å kunne møte en stadig tøffere konkurranse, sier Atle Vidar Nagel-Johansen, leder for forretningsområdet Orkla Foods.

I Rygge i Østfold har Orkla Foods Norge i dag to fabrikker. Forslaget er å flytte det meste av ketchup-, senneps- og dressingproduksjonen til Orklas fabrikk i Fågelmara i Sverige. Orkla Foods Norge ønsker fortsatt å produsere Nora grønnsaker i Rygge, samle sin virksomhet til én lokasjon og bygge opp et logistikkcenter.

- Dette vil styrke vår samlede konkurransekraft innen viktige kategorier for Orkla Foods. Vi utnytter bedre den teknologien vi har ved fabrikkene i Fågelmara, samtidig som vi i Rygge kan utvikle effektive logistikk løsninger og skape muligheter for innovasjon og vekst innen grønnsaker, sier Nagel-Johansen.

I dag er det til sammen rundt 80 ansatte på de to Rygge-fabrikkene. Intensjonsbeslutningen skal nå drøftes med de ansatte og tillitsvalgte. Endelig beslutning vil bli tatt av styrene i Orkla Foods Norge og Orkla Foods Sverige i løpet av mai. Dersom vedtaket blir endelig, planlegges en gradvis nedtrapping av ketchup-, senneps- og dressingproduksjonen i Rygge frem mot høsten 2017. Grønnsaksproduksjonen er tenkt flyttet internt i Rygge våren 2018.

- Vi har behov for å samle produksjonen på færre produksjonssteder for å være konkurransedyktige for fremtiden. Det innebærer at vi anser det nødvendig å legge ned noen fabrikker, samtidig som vi øker investeringene ved andre, sier Nagel-Johansen.

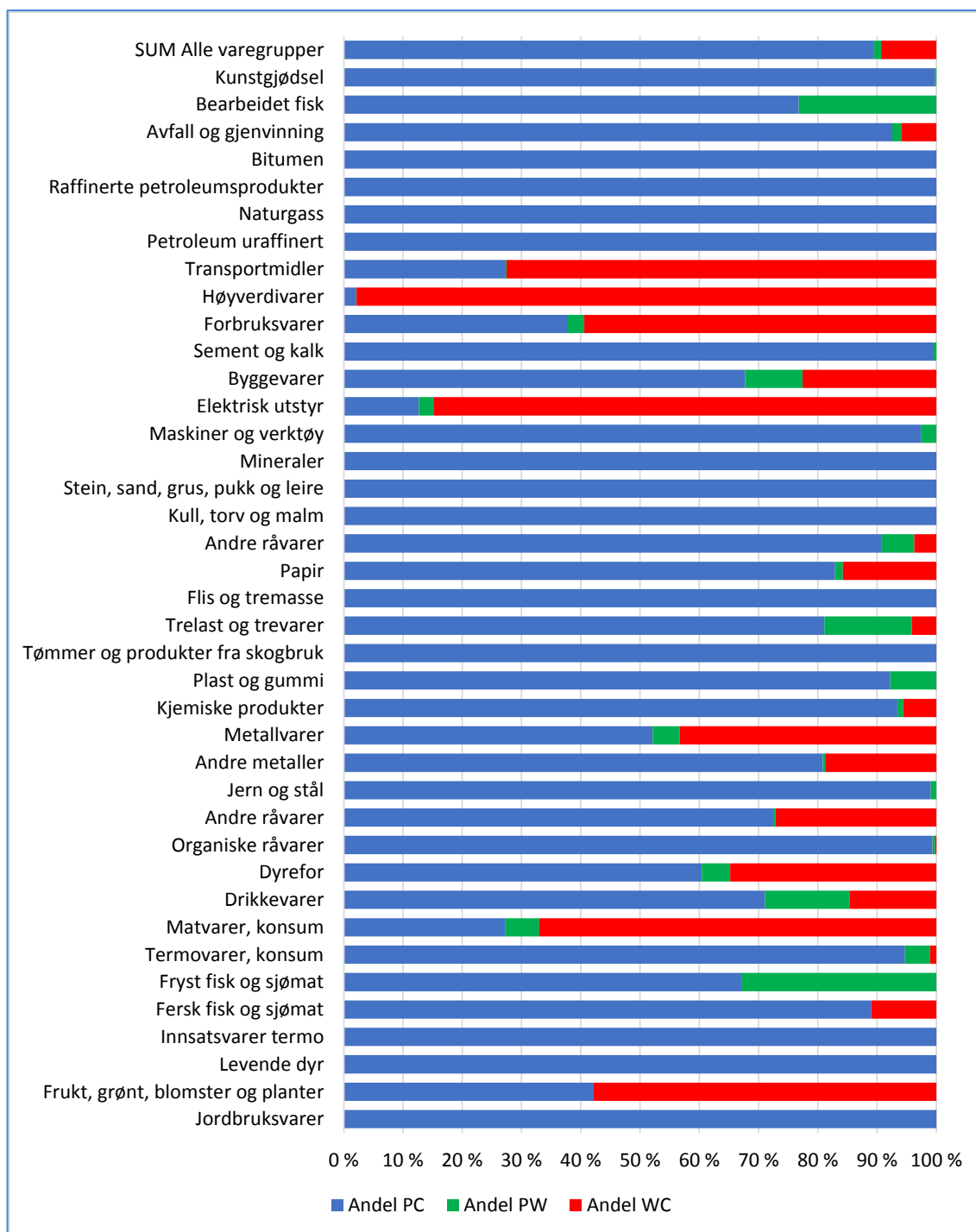
Kilde: orkla.no

4.2 Varestrømmatrisene

4.2.1 Fordelingen av volumer på avsender- og mottakerparene

De 39 varestrømmatrisene i modellen inneholder volumer i tonn på alle sone-sone relasjoner fordelt på de tre stereotypene (avsender- og mottakerparene) PC, PW og WC, jf. nærmere beskrivelse i avsnitt 2.2. Av modelldokumentasjonen er det ikke enkelt å forstå hvordan fordelingen av volumer skjer i NGM. Når vi går inn i resultatene, finner vi imidlertid flere resultater som virker lite rimelige.

Figur 4.4: Varestrømmer 2012. Fordeling på stereotyper



Kilde: Vista Analyse

Figur 4.4 viser fordeling på stereotyper i matrise for 2012¹. Transporter mellom soner utenfor Norge er ikke inkludert i oversikten. Av figuren går det fram at varestrømmer fra produksjon til konsum samlet utgjør nærmere 90 % av varestrømmene (målt i tonn). Det er imidlertid store variasjoner mellom varegruppene, for flere varegrupper som karakteriseres ved høy verdi og lange transportavstander utgjør varestrømmer fra

¹ Matriser for 2012, 2022 og 2040 mottatt fra Transportøkonomisk Institutt 3.11. Matrisen for 2012 har enkelte mindre avvik i forhold til matrise i modellversjon på NTPs e-Rom.

distributører store andeler (matvarer, frukt og grønt, elektrisk utstyr, transportmidler og høyverdivarer).

Det er ikke intuitivt enkelt å forstå hvordan varestrømmer fordeles på de tre stereotypene. I utgangspunktet er det vel grunn til å anta at en distributør lokalisert i en sone mottar omtrent like store volumer (PW-strømmer) som han leverer videre til konsum (WC-strømmer) eller andre distributører (PW-strømmer) slik at PW-strømmene for alle varegrupper burde være minst like store som WC-strømmene. På aggregert nivå gjelder dette bare for et fåtall (6) varegrupper. For mange (16) varegrupper er strømmene fra distributør langt større enn strømmene til distributør, noen av disse varegruppene har ingen transportstrømmer til distributør.

Av dokumentasjonen av varestrømmmatrisen (Hovi, Caspersen, & Grue, Varestrømmmatriser med basisår 2012/2013, 2015) går det (side 57) fram at feil fordeling på stereotyper er en kjent problemstilling. Den gjennomførte varestrømundersøkelsen inneholder for stor andel leveranser fra distributør til konsument, og det er ikke forsøkt korrigert for dette ved «oppblåsing» av matrisene. Om usikkerheten som følger av dette omtales «*at bruk av matrisene i detaljerte analyser vil kreve at man kvalitetssikrer matrisene mot det man har av annen tilgjengelig informasjon i det konkrete området. Det er gjennom bruk at man avslører feil og mangler og kan forbedre matrisene gjennom mer lokal kunnskap for et delområde*».

For å belyse usikkerheten knyttet til varestrømmmatrisene nærmere, går vi i påfølgende avsnitt nærmere inn på matrisene for drikkevarer og matvarer.

4.2.2 Eksempel: Matrisen for drikkevarer

I dokumentasjonen av varestrømmmatrisen (Hovi, Caspersen, & Grue, Varestrømmmatriser med basisår 2012/2013, 2015) finner vi følgende omtale av arbeidet med matrisen for drikkevarer:

«Varestrømsundersøkelsen dekker i liten grad leveranser fra de største produsentene av øl og mineralvann i Norge. Det er derfor etablert en supplerende matrise til den som foreligger fra VSUen, med utgangspunkt i produksjonsvolum til de største produsentene. Informasjon om årlig produksjonsvolum er basert på informasjon som ligger tilgjengelig på internettsidene til de ulike produsentene. Dette produksjonsvolumet er dividert med totalt antall innbyggere i Norge, for å få et anslag på årlig konsum pr. capita. Samlet konsum pr. sone er beregnet ved å multiplisere konsum pr. capita med antall bosatte i hver av modellens soner. Leveransemønsteret er beregnet på en forenklet måte ved å anta at alle produsentene leverer til alle landets kommuner. Dette vil generere et for høyt transportarbeid, fordi noen av de mindre produsentene i hovedsak leverer til et lokalt marked.»

Drikkevarebransjen produserer øl, mineralvann og leskedrikker. Ifølge (Rålm (redaktør), 2013) er de største produsentene i norsk drikkevarebransje Ringnes AS (3,8 mrd. i omsetning¹), Coca-Cola-enterprises Norge AS (2,4 mrd. i omsetning) Hansa-Borg (1,2) kommer på tredjeplass med omsetning. I tillegg kommer en del mindre produsenter med samlet omsetning på nivå med Hansa-Borg. Grans bryggeri (0,181), Aas bryggeri (0,247), Oskar Sylte (0,122), Lerum (0,461) og Mack (0,252). Samlet omsetning for de 8 største aktørene er om lag 8,5 mrd. kroner.

¹ Omsetningstall for 2015, hentet fra proff.no

Tabell 4.1: Største leverandører av drikkevarer i 2012, Nasjonal Godsmodell.

| Sone | Produsent ¹ | Antall mottakere | Lvert volum (1.000 tonn) |
|--------------|------------------------|------------------|--------------------------|
| Sogndal | Lerum | 57 | 272 236 |
| Sandefjord | Grans | 460 | 215 803 |
| Drammen | Aas | 331 | 134 493 |
| Nittedal | Ringnes | 188 | 133 439 |
| Molde | Oskar Sylte | 71 | 123 067 |
| Kristiansund | ? | 33 | 114 505 |
| Lørenskog | Coca Cola | 458 | 85 863 |
| Fyresdal | Coca Cola | 19 | 83 117 |

Kilde: Vista Analyse

Tabell 4.1 gir en oversikt over levert volum av drikkevarer (pwc9.dat) i NGM. Samlet volum i matrisen er 2,17 mill. tonn. De 8 største leveringssonene står til sammen for noe over halvparten av dette (1,16 mill. tonn). Fordelt på stereotyper finner vi at 71 % av strømmene er registrert fra produsent til konsument, 14 % av strømmene er registrert fra produsent til distributør og 14 % av strømmene er registrert fra distributør til konsument.

Listen over store leveransesoner toppes av Sogndal, Sandefjord og Drammen. Dette er kommuner hvor noen av de mindre drikkevareprodusentene (Lerum, Grans og Aas) er lokalisert. Vurdert ut fra omsetning er samlet markedsandel for de tre produsentene om lag 10 % - likevel går 29 % av volumet i matrisen ut fra disse tre sonene.

På fjerdeplass finner vi Ringnes produksjon i Nittedal, med et leveringsvolum på 133 000 tonn. Ifølge [Ringnes hjemmesider](#) (besøkt 17.11.2016) har anlegget en kapasitet på 180 mill. liter, noe som tilsvarer 25 % av forbruket av øl og mineralvann i Norge. I utgangspunktet kan det derfor se ut som volumene fra Nittedal er rimelige. Korrigeres det for at Nittedal er en stor mottakssone for import av drikkevarer – og en betydelig kommuneintern leveranse, reduseres netto produksjon av drikkevarer i Nittedal til 36.000 tonn – eller ca. 20 % av kapasiteten ved anlegget. Ringnes har også anlegg i Larvik (Farris), Stor-Elvdal (Imsdal) og Trondheim (EC Dahl). For Larvik og Stor-Elvdal er det registrert rimelige volumer i matrisen, mens det fra Trondheim kun er registrert volumer fra distributør til konsument.

Lørenskog (Coca Cola) er oppgitt med leveranser på 86.000 tonn i matrisen. Samtidig er det leveranser til sonen på 120.000 tonn. Selv med et av Norges største bryggerier er dermed Lørenskog registrert som netto mottaker av drikkevarer i matrisen.

Hansa-Borg – som oppgir å produsere om lag 95 mill. liter pr. år – har produksjonsanlegg i Bergen, Sarpsborg, Nordfjord og Kristiansand. Bare i Sarpsborg (16 000 tonn) inneholder matrisen volumer av betydning.

¹ Drikkevareprodusenter vi har identifisert i de aktuelle sonene. Det kan også være andre produsenter i de samme sonene.

Tabell 4.2: Største relasjoner, drikkevarer, 2012, Nasjonal Godsmodell

| Fra Sone | Til Sone | Type | Levert volum (1.000 tonn) |
|--------------|-----------|------|---------------------------|
| Sandefjord | Ski | PC | 85 989 |
| Fyresdal | Lørenskog | PC | 59 240 |
| Drammen | Ås | PW | 46 733 |
| Kristiansund | Hitra | PC | 44 838 |
| Sogndal | Oslo 1 | PW | 31 425 |
| Nittedal | Oslo 2 | WC | 30 093 |

Kilde: Vista Analyse

Tabell 4.2 gir en oversikt over største innenlands relasjoner i matrisen for drikkevarer. Den største leveransen går fra Sandefjord (Grans bryggeri) til Ski (Rema 1000 Sentrallager). Matrisen inneholder ingen leveranser av drikkevarer fra Ski.

Volumet fra Sandefjord til Ski inngår i matrisen som leveranse fra produsent til konsument, det vil si at det i modellen kan være flere leverandører og mottakere i hver sone. Det er også store leveranser fra Sandefjord til Stavanger og Bergen (andre Rema-lagre). Samtidig er det registrert volumer fra Sandefjord til de fleste innenlandske soner.

Det er også en betydelig varestrøm fra Drammen til Ås, registrert som leveranse fra produsent til distributør. Samtidig er det ikke noen leveranser fra Ås i matrisen.

4.2.3 Eksempel: Matrisen for matvarer

Matrisen for matvarer inneholder totalt 11 millioner tonn pr. år i 2012, fordelt på 12.746 enkeltstrømmer. Volumene fordeles med 27 % fra produsent til konsument (PC), 6 % fra produsent til distributør (PW) og 68 % fra distributør til konsument (WC). Denne matrisen er altså et – av mange – eksempler på at varestrømmatrisene ikke er forsøkt justert for å få til en «riktig» fordeling på stereotyper.

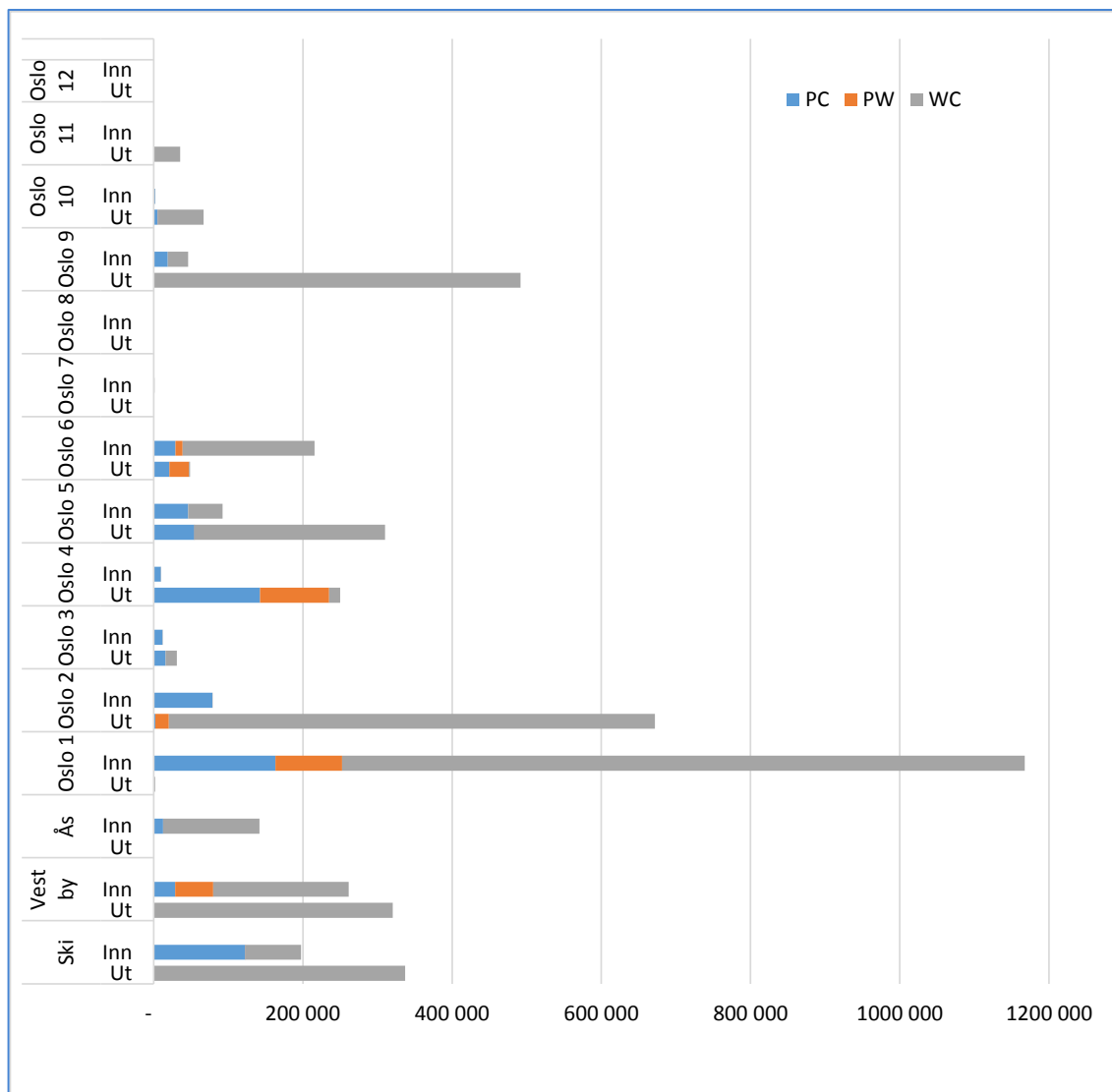
En logisk inndeling av varestrømmene tilsier også at varestrømmene til/fra hver sone i matrisene bør kunne deles inn i:

1. **Produsentsoner:** Soner med betydelige produksjonsvolumer som gir PC- og PW-strømmer ut av sonen slik at brutto volumer (i forhold til folketall) er betydelige. I den grad produksjonen baseres på vareinnsats, vil det også kunne være store PC- og WC-strømmer inn til sonen. Netto varestrømmer (varestrømmer fra sonen fratrukket varestrømmer til sonen) er positive.
2. **Distributørsoner:** Soner hvor større grossister og importører er lokalisert kan forventes å ha store PW-strømmer inn til sonen som balanseres mot WC-strømmer ut fra sonen. Netto varestrømmer er negative som følge av PC- og WC-strømmer til forbruk i sonen.
3. **Konsumentsoner** (flertallet av sonene) er soner med mange WC- og PC-strømmer inn til sonen. Netto varestrømmer vil være negative.

Vi finner ingen slik logikk i matrisen for matvarer. Figur 4.5 viser varestrømmer til/fra sonene i Oslo, samt kommunene Ski, Ås og Vestby i Follo. Av figuren går det fram at varestrømmene ikke er balansert på sonenivå. Oslo 1 (Oslo havn) har varestrømmer inn som tilsvarer mer enn 10 % av det samlede volumet i matvarematrisen, men ingen varestrømmer ut. 1/3 av volumet er leveranser fra andre soner i Oslo, resten består av leveranser fra andre deler av landet samt ubetydelige mengder (17.000) tonn importerte varer.

Nabosonen (Oslo 2; Filipstad) har varestrømmer ut på nesten 700.000 tonn, mens det er strømmer inn til sonen på under 100.000 tonn. Leveransene fra sonen går nesten utelukkende til innenlandske soner. Største leveranser går til Oppegård og Ski med til sammen 260.000 tonn.

Figur 4.5: Matvarer. Varestrømmer til/fra soner i Oslo, samt til/fra kommunene Ås, Ski og Vestby. Nasjonal Godsmodell, 2012.



Kilde: Vista Analyse

Oppsummert finner vi at varestrømmatrisen for matvarer inneholder store svakheter (feil), både når det gjelder strømmenes stereotypi (PC, PW og WC). For vurdering av modellresultater på aggregert nivå er det ikke sikkert at svakheter i varestrømmønsteret har så stor betydning, for vurderinger på mer detaljert nivå (terminal, strekning) vil imidlertid svakheter ved varestrømmatrisen kunne påvirke resultatene i betydelig grad.

Store varestrømmer til/fra soner med havner (Oslo 1, Oslo 2) kan i modellen tenkes å gi konkurransefordeler til transportere med skip. For å undersøke mulige konsekvenser av dette, har vi gjennomført en beregning hvor volumer inn til Oslo 1-sonen og ut fra Oslo 2-sonen begge flyttes til Oslo 5 (Alnabru). Utslagene både på kostnader og fordeling mellom ulike kjøretøygrupper er – noe overraskende – neglisjerbar.

Det er grunn til å være forsiktig med å trekke konklusjoner basert på en enkel test, men resultatet kan indikere at det kvaliteten på modellberegningene i liten grad avhenger av en finmasket inndeling av sonene.

4.3 Bedrift til bedrift-varestrømmer

Med utgangspunkt i PWC-matrisene og opplysninger om antall produsenter og mottakere i hver sone, etableres bedrift til bedrift (B til b)- matriser for alle varegrupper. Dette skjer i Logistikkmodellen, i etableringen av produksjons- og konsumfilene. Også her er det flere forhold vi reagerer på.

Filen «production.txt» gir en oversikt over antall produserende bedrifter og leverende distributører. Totalt inneholder filen 152.310 produsenter og 110.001 leverende distributører. Størst antall produsenter finner vi for varegruppen «Innsatsvarer termo» (60.774 produsenter) og «Jordbruksvarer» og «Dyrefor» (begge med 25.880 produsenter).

Prosedyren som gjør om PWC-matrisene til bedriftsrelasjoner (firm2firm.exe) inneholder prosedyrer for å bestemme antall B til b-relasjoner med utgangspunkt i volum på sonerelasjonene i PWC-matrisen samt antall produserende og leverende bedrifter. Prosedyren inneholder rutiner – spesielt utviklet for den norske godsmodellen - som begrenser antall B til b-relasjoner i tilfeller hvor beregningene gir for mange små B til b-relasjoner. Det oppgis (de Jong, Ben-Akiva, Baak, & Grønland, 2013), side 8 at det kun etableres en B til b-relasjon i tilfeller hvor volumet på sonerelasjonen er mindre enn 0,5 tonn, mens det for volumer i intervallet 0,5-2 tonn gjøres en nedskalering av det tallet på B til b-relasjoner som beregnes på grunnlag av volumer og antall produsenter, distributører og mottakere.

Gjennomgang av B til b-matrisen for «Innsatsvarer termo» viser at prosedyren i dette tilfellet overstyrer (det åpenbart uriktige) tallet på produsenter i «production.txt». Matrisen inneholder 704 B til b-relasjoner, mens tilsvarende PWC-matrise inneholder 700 relasjoner. Bare en av relasjonene fra PWC-matrisen er delt opp i flere relasjoner (Sola-Bergen 1). Ingen volumer under 50 tonn er i denne matrisen delt opp i flere B til b-relasjoner.

For jordbruksvarer skjer det også en betydelig reduksjon i tallet på B til b-relasjoner sammenliknet med oppgitt antall produsenter og konsumenter. B til b-matrisen for jordbruksvarer inneholder 3.307 leveranser, mens PWC-matrisen inneholder 1.129 relasjoner. Prosedyren resulterer dermed i et antall produsenter og konsumenter som er vesentlig lavere enn det som oppgis i «production.txt» og «consumption.txt» samtidig som det tredobles i forhold til antallet i PWC-matrisen.

For Ringsaker kommune inneholder «Production.txt» 562 produsenter som produserer til sammen 93 000 tonn. 3 av produsentene står for volumer på gjennomsnittlig 10.156 tonn, 116 produsenter står for volumer på gjennomsnittlig 123 tonn mens det er 440 produsenter med en gjennomsnittlig produksjon på 99 tonn. Videre er det 14 distributører som distribuerer i alt 38.000 tonn. «Consumption.txt» inneholder 50 distributører som mottar i alt 56.000 tonn, med volum varierende fra 0 – 17.200 tonn. Videre er det 140 konsumenter som mottar i alt 18.000 tonn. De fleste konsumentene mottar volumer under 100 tonn pr. år. 2 konsumenter mottar over 1.000 tonn pr. år (1.626 tonn og 7.524 tonn), videre er det i alt 7 konsumenter som mottar mellom 100 og 1.000 tonn pr. år.

PWC-matrisen inneholder kun et volum hvor kommunen inngår. Dette er et kommuneinternt volum på 40.800 tonn fra produsent til konsument. Ut over dette er det ingen leveranser av jordbruksvarer til eller fra Ringsaker kommune.

B til b-matrisen inneholder i alt 34 leveranser internt i kommunen med samlet volum tilsvarende det vi finner i PWC-matrisen. Dette fordeles med 3 volumer på 10.618 tonn hver, 5 volumer i intervallet 1.000-10.000 tonn, 7 volumer i intervallet 100-1.000 tonn mens det er 19 volumer mindre enn 100 tonn. Fordelingen indikerer at logistikkmodellen benytter opplysningene om antall produsenter og konsumenter og leveransenes fordeling på størrelser som ligger i produksjons- og konsumfilene.

4.4 Endrede forutsetninger om konsolidering

Blant mekanismene i modellsystemet NGM er det noen som i større grad bidrar til å gjøre modellen krevende å bruke. Det er interessant å vurdere hvor viktige disse mekanismene faktisk er: Bidrar de med så mye at de forsvaret den økte ressursbruken de krever? I dette avsnittet tar vi for oss den konsolideringen som skjer i logistikkmodellen, mens vi i neste avsnitt drøfter bruken av stereotyper.

Logistikkmodellen kjøres sekvensielt over de 39 varegruppene i modellen. Samtidig kan flere lastbærere frakte ulike varegrupper samtidig. Det betyr at transporttilbudet som er tilgjengelig for frakt av en varegruppe også påvirker rammebetingelsene for frakt av andre varegrupper. I modellen er dette forsøkt tatt hensyn til ved at volumene for enkelte varegrupper multipliseres opp med en konsolideringsfaktor. Konsolideringsfaktoren for hver varegruppe i konsolideringsklusteret bestemmes ved volumene summert over alle relasjoner og varegrupper i klusteret dividert med volum summert over alle relasjoner for den aktuelle varegruppen.

Modellen inneholder tre konsolideringsklustre:

- Konsolideringskluster 1 består av:
 - Varegruppe 2: Frukt og grønt
 - Varegruppe 4: Innsatsvarer termo
 - Varegruppe 6: Fryst fisk
 - Varegruppe 7: Termovarer konsum
- Konsolideringskluster 2 består av:
 - Varegruppe 18: Tømmer og produkter fra skogbruk
 - Varegruppe 19: Trelast og trevarer
- Konsolideringskluster 3 består av:
 - Varegruppe 8: Matvarer
 - Varegruppe 9: Drikkevarer
 - Varegruppe 12: Andre råvarer
 - Varegruppe 17: Plast og gummi
 - Varegruppe 26: Maskiner og verktøy
 - Varegruppe 30: Forbruksvarer
 - Varegruppe 38: Bearbeidet fisk

For å undersøke hvordan konsolideringsforutsetningene påvirker resultatene i godsmodellen, har vi gjennomført to følsomhetsberegninger hvor konsolideringsfaktorene halveres i den ene og settes lik 1 (dvs ingen konsolidering på tvers av varegrupper) i den andre.

Tabell 4.3: Konsolideringsfaktorer og vareverdier

| | Konsolideringsfaktor | | Vareverdi (kr/tonn) | |
|------------------------|----------------------|--------|---------------------|---------|
| | Utgangspunkt | Halv | Innenlands | Eksport |
| 2 Frukt og grønt | 3,66 | 2,33 | 12.039 | 17.073 |
| 4 Innsatsvarer termo | 271,08 | 136,04 | 37.880 | 20.751 |
| 6 Fryst fisk | 3,48 | 2,24 | 15.090 | 15.014 |
| 7 Termovarer konsum | 2,3 | 1,65 | 33.705 | 21.508 |
| 18 Tømmer sagbruk | 1,26 | 1,13 | 578 | 456 |
| 19 Trelast og trevarer | 4,82 | 2,91 | 10.754 | 6.752 |
| 8 Matvarer konsum | 3,45 | 2,225 | 16.530 | 55.061 |
| 9 Drikkevarer | 28,12 | 14,56 | 15.231 | 5.013 |
| 12 Andre råvarer | 66,36 | 33,68 | 11.577 | 5.065 |
| 17 Plast og gummi | 8,87 | 4,945 | 20.167 | 14.195 |
| 26 Maskiner og verktøy | 32,83 | 16,915 | 128.443 | 179.457 |
| 28 Byggevarer | 5,53 | 3,265 | 5.651 | 5.274 |
| 30 Forbruksvarer | 3,71 | 2,355 | 75.602 | 124.524 |
| 38 Bearbeidet fisk | 57 | 29 | 32.661 | 31.820 |

Kilde: Vista Analyse

Tabell 4.3 viser konsolideringsfaktorer som ligger i modellen i utgangspunktet samt verdier som er forutsatt ved halv konsolidering. Konsolideringsfaktorene ligger i kontrollfiler som er navngitt consolidateA_B.ctf, hvor A = varegruppe og B = kjøretøytype. Det er en kontrollfil for hver kjøretøytype som tillates benyttet for varegruppen – og konsolideringsfaktoren (EXP) ligger med samme verdi i alle kontrollfilene for hver gruppe. Gjennomføring av en (relativt) enkel følsomhetsanalyse krever derfor manuell endring av ca. 70 kontrollfiler (14 varegrupper * gjennomsnittlig 5 kjøretøytyper) av typen som vist i Figur 4.6.

Figur 4.6: Eksempel på kontrollfil for varegruppe 8, kjøretøygruppe 6 (consolidate8_6.ctf)

```

CAPA=2
MODE=6
EXP=2.225
MINFREQ=0.453
NODES=..\input\nodes\Nodes8.dat
VHCL=..\input\costs\Vehicles.txt
VEHCL=1
TONNES=..\CHAINCHOI\TONNES8_6.dat
FREQ=FREQ8_6.dat
VHCLTYP=VHCL8_6.dat
CONSOL=CONSOL8_6.dat

```

Tabell 4.4 og Tabell 4.5 oppsummerer innholdet i produksjons-, konsum- og varestrøm-matrisene for varegruppene som inngår i konsolideringskluster 1. Fra produksjon- og konsumfilene er det kun antall produsenter, konsumenter og distributører som brukes i

beregningene. Vi legger merke til at det er store forskjeller i forutsatt antall produsenter og at innholdet i konsumfilene for varegruppe 2 og varegruppe 7 er identisk.

Tabell 4.4: Innhold i produksjon- og konsumfilene for varegruppene som inngår i konsolideringskluster 1.

| | Varegruppe 2 | Varegruppe 4 | Varegruppe 6 | Varegruppe 7 |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Production.txt | | | | |
| Produksjon (1.000 tonn) | 5.793 | 3.037 | 1.133 | 2.343 |
| Antall produsenter | 25.880 | 60.774 | 646 | 7.996 |
| Distribusjon (1.000 tonn) | 3.336 | - | 540 | 2.228 |
| Antall distributører | 1.169 | - | 521 | 1.119 |
| Consumption.txt | | | | |
| Distribusjon. (1.000 tonn) | 3.554 | 1.129 | 1.261 | 3.554 |
| Antall distributører | 7.986 | 6.867 | 7.388 | 7.986 |
| Konsum (1.000 tonn) | 1.544 | 1.879 | 1.208 | 1.544 |
| Antall konsumenter | 23.621 | 3.182 | 2.072 | 23.621 |

Kilde: Vista Analyse

I alle varegruppene i konsolideringskluster 1 er det flest leveranser fra produsent til konsument, men volumene i matrisene er samlet størst for leveranser som er angitt som leveranser fra produsent til distributør. Mesteparten av dette (5,4 mill. tonn) er imidlertid leveranser mellom to utenlandske soner.

Tabell 4.5: Innhold i PWC-filer som inngår i konsolideringskluster 1

| | Gruppe 2 | Gruppe 4 | Gruppe 6 | Gruppe 7 | SUM |
|-------------------------|--------------------|----------|--------------------|--------------------|--------|
| Antall relasjoner | 3.165 | 700 | 1.623 | 4.195 | 8.267 |
| - herav PC | 2.475 | 700 | 1.480 | 3.585 | 6.871 |
| - herav PW | 18 | - | 143 | 315 | 438 |
| - herav WC | 672 | - | - | 295 | 958 |
| Leveranser (1.000 tonn) | 3.702 | 23 | 3.597 | 4.788 | 12.110 |
| - herav PC | 803 | 23 | 1.206 | 2.829 | 4.861 |
| - herav PW | 1.800 ¹ | - | 2.391 ¹ | 1.927 ¹ | 6.119 |
| - herav WC | 1.099 | - | - | 31 | 1.130 |

Kilde: Vista Analyse

Endrede forutsetninger om konsolidering påvirker i liten grad totale kostnader innenfor det enkelte konsolideringskluster. Av Tabell 4.6 går det fram at kostnadene i kluster 1 og 2 øker marginalt, mens kostnadene for konsolideringskluster 3 beregnes redusert med halv konsolidering for så igjen å øke noe uten konsolidering. Det er i varegruppe 8, matvarer, kostnadene reduseres, de øvrige varegruppene i konsolideringskluster 3 har en utvikling tilsvarende den vi finner for konsolideringskluster 1 og 2.

¹ Av dette er 1.800 tonn leveranser mellom to utenlandske soner

Tabell 4.6: Totale kostnader (mill. kroner) og prosentvis endring ved endrede forutsetninger om konsolidering

| | Totale kostnader (mill.kr) | Halv konsolidering | Ingen konsolidering |
|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Konsolideringskluster 1 | 3 297 731 | 0,09 % | 0,29 % |
| Konsolideringskluster 2 | 3 082 606 | 0,00 % | 0,02 % |
| Konsolideringskluster 3 | 16 902 784 | - 0,48 % | 0,18 % |

Kilde: Vista Analyse

Mulighetene for konsolidering påvirkes også av hvilke forutsetninger om hvilke kjøretøytyper som kan benyttes til frakt av de ulike varegruppene. For konsolideringskluster 2 er det bare ved sjøtransport samme kjøretøytyper kan benyttes for de to varegruppene som inngår i klusteret. Når beregnede volumer med sjøtransport samtidig er begrensede er det derfor ikke overraskende at utslagene av endrede forutsetninger blir marginale.

Det er noe større utslag når vi ser på volumer for de enkelte kjøretøygrupper. I konsolideringskluster 1 og 2 beregnes en beskjeden økning i volumene med lastebil og tog, samtidig som volumene med skip reduseres. I konsolideringskluster 3 beregnes en betydelig reduksjon i volumene med skip – og tilsvarende en sterk vekst i volumene med tog. Det er også noe økning for lastebil. Sammert over konsolideringsklustre og kjøretøygrupper er beregnede endringer logiske sett i relasjon til at lavere konsolideringsfaktorer gjør lastbærere med stor kapasitet mindre attraktive.

Tabell 4.7: Endring i transportarbeid i Norge ved endrede forutsetninger om konsolidering

| | Mill. tonnkm i Norge | Halv konsolidering | Ingen konsolidering |
|--------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Konsolideringskluster 1 | | | |
| Lastebil | 706 | 0,63 % | 0,67 % |
| Tog | 238 | 0,21 % | 1,56 % |
| Skip | 338 | - 1,52 % | - 1,75 % |
| SUM | 1 281 | - 0,02 % | 0,21 % |
| Konsolideringskluster 2 | | | |
| Lastebil | 1 665 | 0,01 % | 0,07 % |
| Tog | 486 | - 0,03 % | 0,25 % |
| Skip | 13 | 0,08 % | - 29,8 % |
| SUM | 2 164 | 0,00 % | - 0,06 % |
| Konsolideringskluster 3 | | | |
| Lastebil | 4 020 | 0,23 % | 2,61 % |
| Tog | 1 289 | 1,92 % | 15,46 % |
| Skip | 3 045 | - 5,15 % | - 18,6 % |
| SUM | 8 355 | - 1,47 % | - 2,78 % |

Kilde: Vista Analyse

I tillegg til reduksjonen i volumer fraktet med skip, skjer det også en omfattende omfordeling mellom ulike skipstyper. For containerskip overføres transporter fra mindre

skip til større skip, mens det motsatte er forholdet for ro/ro-skip. Gitt forutsetningen om mindre grad av konsolidering er overgangen til større (container) skip overraskende.

Figur 4.7: Fordeling mellom skipstyper med modellens konsolideringsfaktorer (2012), med halvert konsolidering og uten konsolidering. Konsolideringskluster 3¹. Tonnkm i Norge.



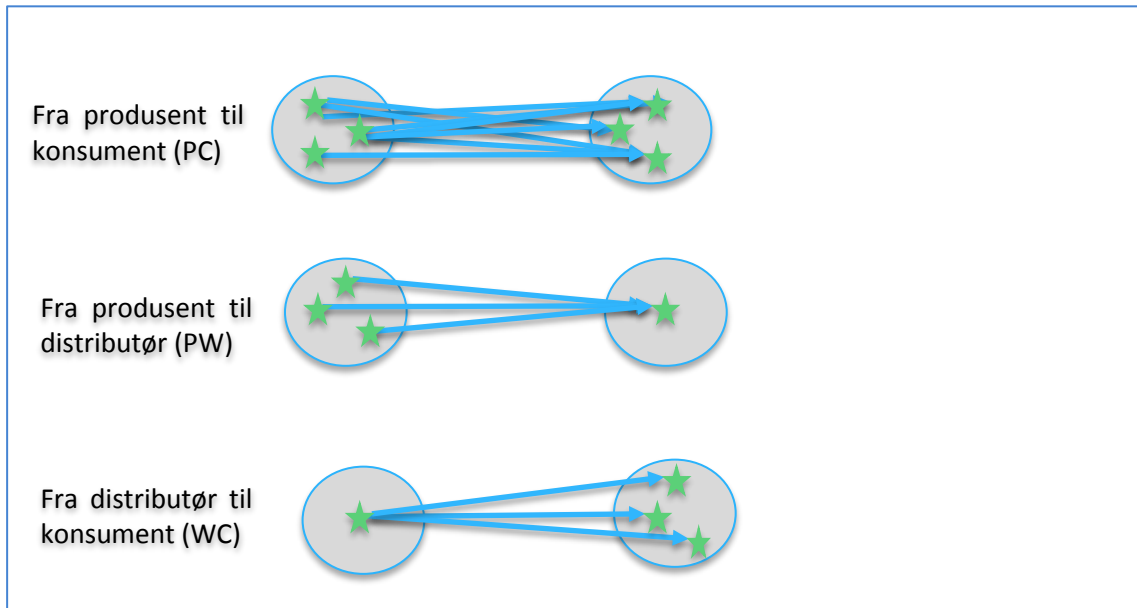
Kilde: Vista Analyse

4.5 Endrede stereotyper

I logistikkmodellen behandles varestrømmer ulikt avhengig av om varestrømmene går fra produsent til konsument (PC), fra produsent til distributør (PW) eller fra distributør til konsument (WC). Som illustrert i Figur 4.8 er tallet på distributører i en sone begrenset til 1, mens det kan være mange produsenter og konsumenter.

¹ Merk avvik mellom tonnkm i figuren og tonnkm i Tabell 4.7. Årsak til avvik ikke identifisert.

Figur 4.8: Stereotyper i Logistikkmodellen. Fordeling av sone-til-sone volumer på bedrift til bedrift-relasjoner



Kilde: Vista Analyse

Antall produsenter, konsumenter og leverende/mottakende distributører – og anslag for volumer for disse – gis i produksjons- og konsumfilene som er input til modellen. Mangler opplysninger for en sone, settes antallet til 1. Dette er f.eks tilfelle for alle soner utenfor Norge.

For relasjoner med volumer – og flere leverandører og mottakere – bestemmes antall bedrift til bedrift-relasjoner av en algoritme i modellen som inkluderer begrensninger knyttet til minste årsvolum for ulike stereotyper. Forutsetninger og begrensninger er hardkodet (ikke mulig å endre for brukere av modellen), det er derfor ikke mulig å undersøke om / i hvilken grad disse forutsetningene påvirker modellresultatene.

For å undersøke hvordan forutsetninger om varestrømmenes stereotyper påvirker kostnader og fordeling mellom ulike transportmidler og kjøretøygrupper, har vi gjennomført beregninger samlet for konsolideringskluster 1. Volumene i PWC-matrisen er aggregert, deretter er beregninger med ulike forutsetninger om stereotyper gjennomført. Øvrige forutsetninger for beregningene er hentet fra varegruppe 2.

Det er gjennomført beregninger med tre ulike sett av forutsetninger:

4. Fordeling på stereotyper fra varestrømmatrisene (PWC)
5. Fordeling hvor alle leveranser er forutsatt å gå fra produsent til konsument (PC)
6. Fordeling hvor alle leveranser forutsettes å gå fra produsent til distributør / fra distributør til konsument (PW/WC)

Årsaken til at beregningene for PW og WC er identiske er at ingen av sone til sone varestrømmene i disse kjøringene ble delt opp på flere bedrift til bedrift-relasjoner.

Tabell 4.8: Oppsummering av resultater. Beregninger for konsolideringskluster 1 med ulike forutsetninger om varestrømmenes stereotyper. Innenlands transport.

| | PWC | PC | PW/WC |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Antall B til b-relasjoner | 13 034 | 18 960 | 4 258 |
| Antall forsendelser | 63 871 | 76 649 | 45 055 |
| Kjøretøykostnader (mill.kr) | 753 | 754 | 751 |
| Tidskostnader (mill.kr) | 254 | 254 | 254 |
| Lasse- og lossekostnader (mill.kr) | 1.840 | 1.841 | 1.839 |
| Havnekostnader (mill.kr) | 3 | 3 | 3 |
| Omlastingskostnader (mill.kr) | 132 | 132 | 132 |
| Bom- og ferjekostnader (mill.kr) | 46 | 46 | 46 |
| SUM Transportkostnader (mill.kr) | 3.028 | 3.030 | 3.025 |
| Ordrekostnader (mill.kr) | 40 | 48 | 28 |
| Lagerkostnader (mill.kr) | 39 | 46 | 29 |
| Kapitalkostnader (mill.kr) | 54 | 62 | 40 |
| SUM Andre kostnader (mil.kr) | 133 | 155 | 98 |
| Totale kostnader (mill.kr) | 3.160 | 3.185 | 3.123 |

Kilde: Vista Analyse

Av Tabell 4.8 går det fram at endrede forutsetninger om varestrømmenes stereotypi har stor betydning for antall bedrift til bedrift relasjoner og antall forsendelser. Dersom alt forutsettes levert fra produsent til konsument øker antall relasjoner med 46 pst. og antall forsendelser med 20 pst. I tilfellet hvor alt forutsettes levert fra produsent til distributør (eller fra distributør til konsument) reduseres antall B til b-relasjoner med 67 pst. mens antall forsendelser reduseres med 30 pst.

Sammenliknet med utslagene i tallet på relasjoner og forsendelser er virkningene på kostnadene marginale (+/- 1 pst.). Virkningene på transportkostnadene er enda mindre (+/- 0,1 pst.), mens utslagene på andre kostnader er større. Vi finner heller ikke nevneverdige utslag i fordeling av transportene mellom kjøretøygrupper.

Resultatene tilsier at skillet mellom ulike stereotyper har marginal betydning for logistikkmodellens resultater. Om det betyr at dette er en konklusjon som også står seg i praksis er vi mer usikre på. Beskjedne forskjeller mellom ulike forutsetninger om stereotyper kan også skyldes

- c) feil og unøyaktigheter i fordelingen av varestrømmer mellom stereotyper i modellens datagrunnlag (PWC-matrisene)
- d) modellspesifikasjon og kostnadsforutsetninger kan dekke over forskjeller; ulike stereotyper behandles likt på områder hvor ulike stereotyper står overfor ulike muligheter.

4.6 Utvikling i transportkostnader

Innledningsvis i dette kapitlet så vi at laste- og lossekostnadene er de som utgjør den største kostnaden i Nasjonal godsmodell (NGM). Summert over alle varegrupper utgjør denne

kostnadskomponenten nærmere 40 % av totale kostnader. Med utgangspunkt i dette har vi valgt å gjennomføre en følsomhetsanalyse av kostnadsmodellen, der laste- og lossekostnadene varieres gitt de muligheter som ligger i modellen¹.

I logistikkmodellen er laste- og lossekostnadene for en leveranse gitt ved en konstant + et mengde (tonn)-avhengig ledd. Forutsetningene differensieres i modellen mellom 59 ulike kjøretøyer, men ikke mellom varegrupper eller mellom ulike stereotyper (PC, PW, WC). Det gis ingen begrunnelse for valg av funksjonsform.

I (Grønland, Kostnadsmodeller for transport og logistikk - basisår 2012, TØI-rapport 1435/2015) redegjøres for hvordan kostnadsforutsetningene er utarbeidet. Viktige kilder oppgis å være observasjoner på terminaler og opplysninger gitt av operatører. Det oppgis at det ligger inne forutsetninger om fordeling mellom ulike laste- og lossemetoder. Videre påpekes at kostnadene pr. forsendelse vil kunne variere betydelig, blant annet avhengig av hvor mange forsendelser det er pr. (bil) lass.

Lar vi K betegne laste- og lossekostnadene, K_0 faste kostnader pr. leveranse og K_1 være mengdeavhengige kostnader, bestemmes laste- og lossekostnadene for hvert kjøretøy ved formelen:

$$(i) \quad K = K_0 + K_1 * Tonn$$

Det redegjøres ikke for grunnlaget for fastsettelse av forutsetningene for K_0 , for K_1 er det i dokumentasjonen formuler som angir grunnlaget for fastsettelse av verdiene, f.eks for jernbane:

$$(ii) \quad K_1 = \text{Direkte kostnad pr. tonn} + \frac{\text{Tidskostnader for tog}}{\text{Lastekapasitet}} + \frac{\text{Skiftekostnader}}{\text{Tonn i toget}}$$

Gitt den store betydningen for samlede kostnader er omtalen av laste- og lossekostnadene gitt en nokså beskjeden plass i modelldokumentasjonen. I Kostnadsmodellen som følger Cube-versjonen av NGM ligger underlags for beregning av K_0 og K_1 i skjulte ark. Vi finner bare verdier til formelen (i) i åpne ark.

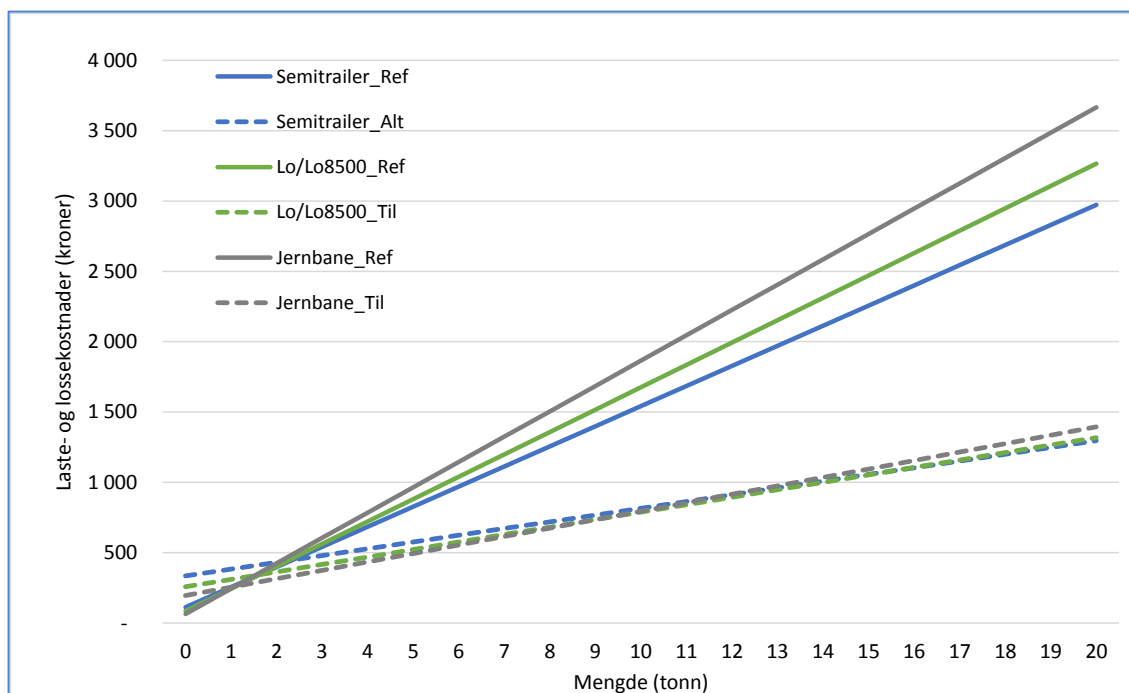
Kombinasjonen av stor betydning for modellresultatene og begrenset dokumentasjon av grunnlaget for forutsetningene som er benyttet, gjør at laste- og lossekostnadene peker seg ut som et område hvor det bør være mulig å heve kvaliteten på beregningene i NGM. Det kan være grunn til å vurdere flere forhold:

1. Funksjonsform. Er det riktig å forutsette lineær avhengighet?
2. Er det systematiske forskjeller mellom varegrupper? Kan slike forskjeller ivaretas ved også å ta hensyn til volum?
3. Er det systematiske forskjeller mellom ulike stereotyper?

For å få en indikasjon på hvordan endrede forutsetninger om laste- og lossekostnader påvirker modellresultatene har vi gjennomført en beregning hvor konstantleddet (K_0) tredobles samtidig som det mengdeavhengige leddet K_1 reduseres til 1/3 av opprinnelig nivå. Endringene er ikke gjennomført for bulkskip og transport med fly. Oversikt over kostnadsforutsetninger i følsomhetsanalysen vises i vedlegg 1.

¹ Vi har benyttet Cube-versjonen av kostnadsmodellen, hvor makroer og enkelte beregningsark er passordbeskyttet. Vi er blitt gjort oppmerksom på at skjulte ark ikke er passordbeskyttet i versjonen av kostnadsmodellen som ikke har makroer for generering av inputfiler til logistikkmodellen.

Figur 4.9: Laste- og lossekostnader for containertransport, avhengig av mengde (tonn) og transportmiddel. Ref = NGM-forutsetninger. Til = Forutsetninger i følsomhetsanalyse.



Kilde: Vista Analyse

Figur 4.9 viser hvordan kostnadsforutsetningene er endret i følsomhetsanalysen for et utvalg kjøretøyer, alle gjelder containerbasert transport. Vi ser at kostnadene for små volumer (under 2 tonn) er økt, mens kostnadene for større volumer er redusert. I NGM er det betydelige forskjeller mellom ulike kjøretøy når volum pr forsendelse øker, i følsomhetsanalysen er også forskjellen mellom ulike kjøretøy redusert.

Det framgår ikke helt klart av modelldokumentasjonen (de Jong, Ben-Akiva, Baak, & Grønland, 2013) hvordan kostnadene beregnes for kombinerte transporter (f.eks bil-tog-bil). Vi antar at kostnadene er knyttet til stedet hvor lastingen av containeren foregår. Det betyr at det er satsene for lastebil som benyttes i de fleste tilfelle, mens satsene for skip og jernbane i hovedsak kommer til anvendelse ved overgang fra containerisert transport til annen transport ved jernbaneterminaler og havner.

Resultater av følsomhetsberegningen oppsummeres i Tabell 4.9. Ikke uventet reduseres samlede kostnader betydelig (-10,3 pst). Mye av reduksjonen skyldes reduserte laste- og lossekostnader (-22,3 pst), men også omlastingskostnader (-7,9 pst) og kjøretøykostnader (-4,8 pst) reduseres betydelig. Høyere faste laste- og lossekostnader bidrar også til at tallet på forsendelser reduseres med 3,5 pst.

Tabell 4.9: Oppsummering av resultater. Beregninger med endrede forutsetninger om laste- og lossekostnader. Alle varegrupper, Innenlands transport, 2012.

| | Alle varegrupper | Alle | Endring |
|------------------------------------|------------------|------------|----------|
| Antall B til b-relasjoner | 155.869 | 155.677 | - 0,1 % |
| Antall forsendelser | 1.446.647 | 1.396.264 | - 3,5 % |
| Kjøretøykostnader (mill.kr) | 16.502.217 | 15.710.527 | - 4,8 % |
| Tidskostnader (mill.kr) | 7.976.823 | 8.190.369 | 2,7 % |
| Lasse- og lossekostnader (mill.kr) | 22.995.562 | 17.861.324 | - 22,3 % |
| Havnekostnader (mill.kr) | 820.670 | 836.090 | 1,9 % |
| Loskostnader (mill.kr) | 82.646 | 84.358 | 2,1 % |
| Omlastingskostnader (mill.kr) | 1.784.093 | 1.642.480 | - 7,9 % |
| Bom- og ferjekostnader (mill.kr) | 863.340 | 808.387 | - 6,4 % |
| SUM Transportkostnader (mill.kr) | 51.052.840 | 45.160.952 | - 11,5 % |
| Ordrekostnader (mill.kr) | 1.060.730 | 1.024.518 | - 3,4 % |
| Lagerkostnader (mill.kr) | 1.786.671 | 1.825.422 | 2,2 % |
| Kapitalkostnader (mill.kr) | 2.654.588 | 2.712.734 | 2,5 % |
| SUM Andre kostnader (mil.kr) | 5.501.989 | 5.571.674 | 1,3 % |
| Totale kostnader (mill.kr) | 56.554.832 | 50.732.624 | - 10,3 % |

Kilde: Vista Analyse

Beregnet omfang av jernbanetransport øker betydelig i følsomhetsanalysen, tonnkm med jernbane øker med 32 %. Økningen kommer på bekostning av transport med lastebil som reduseres med 7 %. Transport med skip er tilnærmet uendret (kostnadsforutsetningene er bare endret for enkelte skipstyper). Ser vi på endringer innen kjøretøygruppene, finner vi:

- Økte transportmengder for lett distribusjon med lastebil
- Økte volumer for 25,25 meter vogntog
- Reduserte volumer for tyngre distribusjonsbiler og øvrige typer lastebil
- Sterk vekst for vognlast på jernbane (men fra et nivå tilnærmet 0)
- Dobling av termo-kombitransport med tog
- Betydelig økning i andre kombinerte transporter med tog.

Slik vi har gjennomført beregningene fanges ikke opp at endringer i laste- og lossekostnadene i Kostnadsmodellen også medfører endringer i omlastingskostnader. Dersom disse endringene var inkludert, ville beregningsresultatene vært noe annerledes, men neppe i en slik grad at det ville påvirke inntrykket av at forutsetninger om laste- og lossekostnader er av stor betydning for modellresultatene.

4.7 Modellformulering og variabler i modellen

4.7.1 Deterministisk modell gir usikkerhet

Proseduren for valg av sendingsstørrelse og frekvens i Logistikkmodellen er deterministisk. Alle transportører står overfor de samme kostnader og verdien av varene er også lik (innenfor hver varegruppe). Det er dermed bare forskjeller i sendingsstørrelse som kan føre til at ulike transportløsninger velges for en varegruppe på en sone til sone relasjon.

Dette vil medføre at endrede forutsetninger i enkelte tilfelle gir store endringer i valg av transportløsning, men i langt flere tilfeller ikke fører til noen endringer.

Med mange sone til sone relasjoner vil det ofte være slik at vi får store endringer på noen få relasjoner, mens løsningen på de fleste relasjonene ikke endres. Deterministisk løsning er derfor et mindre problem når modellen benyttes til å se på aggregerte resultater enn i tilfeller hvor en er opptatt av å analysere endringer på detaljert nivå.

I praksis vil det være store variasjoner rundt de gjennomsnittsverdier som inngår i forutsetningene i Logistikkmodellen. Det vil også være forhold som ikke er spesifisert i modellen som påvirker valg av transportløsning. Begge deler gir grunn til å anta at valg av transportløsning (på sone til sone nivå) vil være mer variert enn det som beregnes i modellen.

Logistikkmodellen optimerer sendingsstørrelse og frekvens på disaggregert nivå. Det betyr at forholdene ligger godt til rette for å introdusere stokastiske elementer som kan gi større realisme også på et mer detaljert nivå. Det bør være mulig å legge inn variasjoner knyttet til enkeltforutsetninger i modellen, i tillegg kan det også legges til et stokastisk ledd for å forsøke å ta hensyn til manglende variabler.

4.7.2 Modellen håndterer ikke variasjoner i punktlighet



Kilde: (Jernbanemagasinet nr 5, 2016)

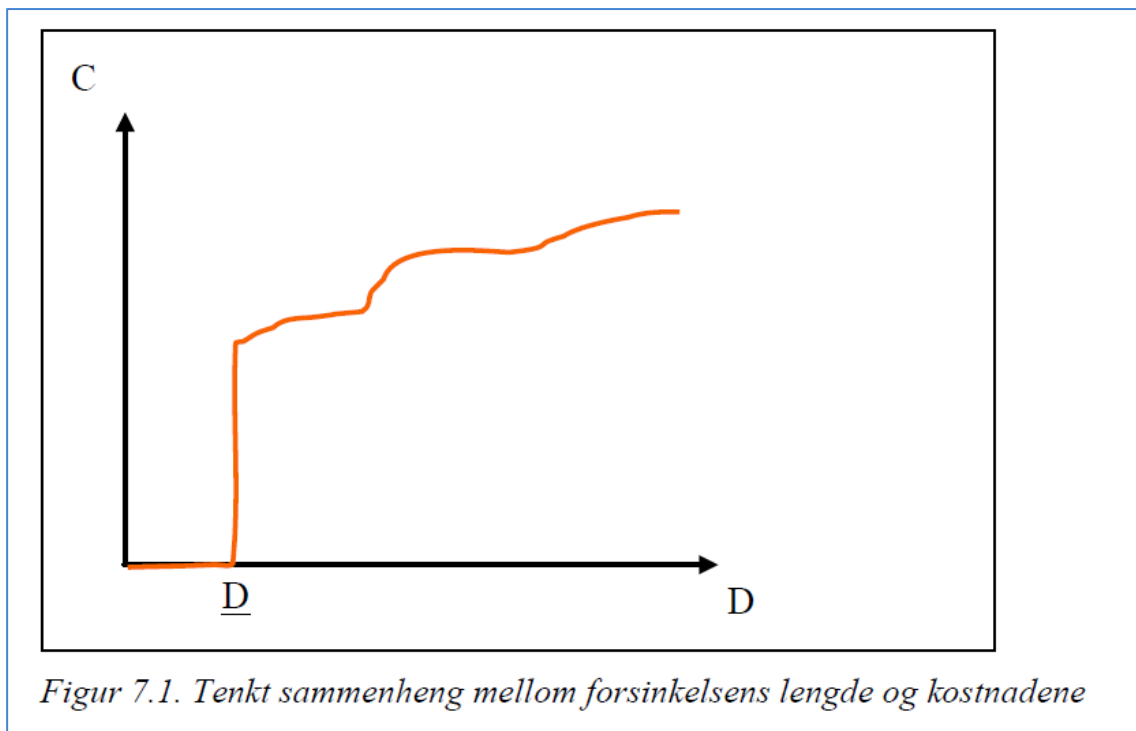
Punktlighet/pålitelighet inngår ikke blant variablene som bestemmer transportbrukernes tilpasning i NGM. Samtidig vet vi at pålitelighet har stor betydning for valg av transportløsning innen godstransport.

Analyser gjennomført av verdsetting av tid og pålitelighet for godstransport på jernbane (Halse & Killi, TØI rapport 1189/2012) finner enhetsverdier for spart forsinkelsestid i størrelsesorden 6-7 ganger verdien av spart transporttid, tilsvarende verdsetting finnes for lastebiltransport i (Halse, Samstad, Killi, Flügel, & Ramjerdi, TØI rapport 1083/2010).

Konsekvensene av for sene leveranser varierer i betydelig grad mellom ulike transportere. I mange tilfeller er konsekvensene av mindre forsinkelser beskjedne, i noen tilfeller kan konsekvensene bli store. Dette gjelder f.eks. dersom produksjonsprosesser må stanses fordi nødvendige innsatsvarer ikke kommer fram i tide.

Transportbrukerne kan tilpasse seg til en gitt pålitelighet ved å legge en buffertid mellom planlagt ankomst for transporten og tidspunktet varene skal anvendes videre. For den enkelte transportør vil derfor forsinkelseskostnadene ikke være lineært avhengig

av forsinkelsenes lengde, den kan f.eks. uttrykkes ved en sammenheng som vist i Figur 4.10 (hentet fra (Halse & Killi, TØI rapport 1189/2012)).

Figur 4.10: Tenkt sammenheng mellom forsinkelsens lengde og forsinkelseskostnadene

Kilde: (Halse & Killi, TØI rapport 1189/2012)

Med en slik sammenheng, kan forsinkelseskostnadene (F) tilnærmes ved en formel av typen:

$$(i) \quad F = F_0 * P(f > b) + F_1 * b$$

hvor b er buffertiden, F_1 er kostnader pr. time for buffertid, F_0 er kostnader som oppstår når forsinkelsen er større enn buffertiden og $P(f > b)$ er sannsynligheten for at forsinkelsen er større enn buffertiden som er lagt inn. Med en slik sammenheng, vil vareeierne søke å minimere forsinkelseskostnadene ved å finne den lengden på buffertiden hvor kostnadene ved å øke buffertiden (F_1) motsvarer endret sannsynlighet for forsinkelse lengre enn buffertiden ($\frac{\partial P}{\partial b}$) multiplisert med kostnaden (F_0):

$$(ii) \quad \frac{\partial P}{\partial b} * F_0 = F_1$$

Vareeiers mulighet til å optimalisere buffertiden avhenger av om han selv kan bestemme når transporten gjennomføres. For rutegående transport må optimaliseringen gjennomføres gjennom å velge mellom et sett av buffertider, gitt av transportørens ruteplaner. Gitt samme sannsynlighet for forsinkelser, vil derfor forsinkelseskostnadene være større når varetransportene skjer med rutegående transport.

Med endret sannsynlighet for forsinkelser, vil vareeierne ønske å tilpasse lengden på buffertiden. Færre forsinkelser gir gevinster både i form av redusert buffertid og mindre sannsynlighet for forsinkelser lengre enn buffertiden.

Modellering av pålitelighet er ikke vanlig i transportmodeller, verken for persontransport eller godstransport. Det kan være flere årsaker til dette:

1. Begrenset kunnskap om konsekvenser for transportbrukerne (reduert nytte, økte kostnader) av endringer i pålitelighet.

2. Begrenset statistisk grunnlag om pålitelighet for ulike transportmidler, både nivå (median) og variasjoner (standardavvik) på forsinkelsene.
3. Problemer knyttet til å inkludere variasjoner i pålitelighet, særlig i modeller som baseres på aggregerte reisestrømmer.

Logistikkmodellen er basert på disaggregerte reisestrømmer. Dette gjør at det kan ligge til rette for å inkludere punktlighet som variabel i modellen og inndele forsinkelseskostnadene tilsvarende det som er gjort i (i). Vi vet lite om hvordan forsinkelseskostnadene (F_0 og F_1) varierer mellom ulike transportter, men antar at det er store variasjoner, særlig i kostnadene som oppstår når forsinkelsen overstiger buffertiden (F_0). Generelt er det også begrenset tilgang til opplysninger om hvordan punktligheten varierer i dagens situasjon. I hvilken grad innarbeiding av forsinkelseskostnader i modellen vil heve kvaliteten på beregningene er derfor likevel usikkert.

Alle tiltak som påvirker kapasiteten i transportnettet og ved terminaler kan også påvirke punktligheten for varestrømmene. Når punktlighet ikke inngår som egen variabel i logistikkmodellen har det derfor størst konsekvenser for denne typen prosjekter: Nyttene av tiltakene undervurderes systematisk sammenliknet med andre typer tiltak.

4.7.3 Retningsbalanse

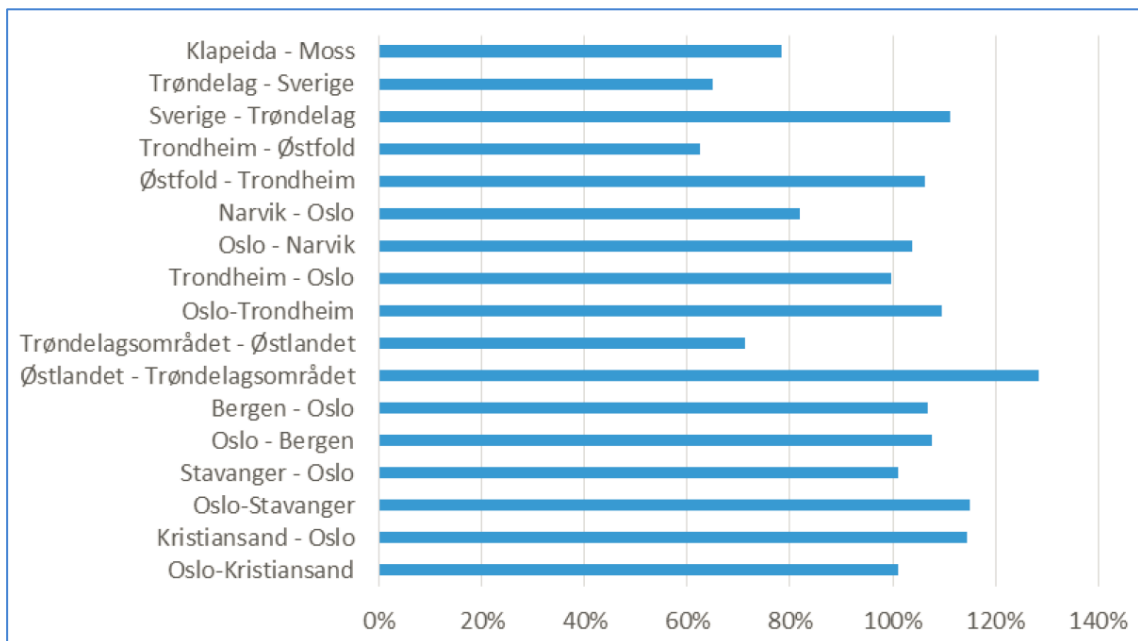
I Nasjonal Godsmodell håndteres varestrømmer i ulike retninger separat. Det betyr at løsningen (fordeling på kjøretøytyper, frekvens for de ulike kjøretøytypene og kostnad pr. godsenehet) for en stor varestrøm fra A til B finnes uavhengig av løsningen for en liten varestrøm i motsatt retning (fra B til A). For å ta hensyn til retningsubalanse, legges det i modellen på et prosentpåslag på alle kjøretøystrømmer for å ivareta tomkjøring. Vi får:

- Større kjøretøyer og/eller høyere frekvens fra A til B enn fra B til A
- Tilnærmet lik kapasitetsutnyttelse i begge retninger
- Lavere transportkostnader (for vareeier) fra A til B enn fra B til A

Utenfor modellen finnes løsninger for transportstrømmene fra A til B simultant med løsningene for transportstrømmen fra B til A, og transportørene tar både hensyn til kostnader og etterspørsel (betalingsvilje). Dette gir som oftest løsninger karakterisert ved:

- Samme kjøretøyer og frekvens i begge retninger
- Høyere kapasitetsutnyttelse fra A til B enn fra B til A
- Høyere transportkostnader (for vareeier) fra A til B enn fra B til A

Basert på opplysninger innhentet fra transportører (Grønland, Berg, Bø, & Hovi, TØI rapport 1372/2014) finnes store variasjoner i prising avhengig av retning på enkelte større innenlands relasjoner (se Figur 4.11). Det er gjennomgående høyere transportpriser fra Østlandet sammenliknet med transportter til Østlandet, men forskjellene varierer mye mellom ulike relasjoner.

Figur 4.11: Forhold mellom priser og kostnader (pst.) for en del utvalgte strekninger (lastebil)

Kilde: (Grønland, Berg, Bø, & Hovi, TØI rapport 1372/2014)

Det er ikke gitt at en modellformulering som ivaretar retningsbalanse mellom ulike områder vil gi store forskjeller i resultatene på aggregert nivå sammenliknet med hvordan NGM i dag finner løsninger for varestrømmene. Det er nærliggende å anta at en simultan løsning av varestrømmer i flere retninger ville gi en løsning for begge retninger som likner mer på løsningen for dimensjonerende retning (fra A til B) enn på løsningen i motsatt retning (B til A). Er dette riktig, vil en simultan løsning innebære høyere andeler for kjøretøytyper med stor kapasitet og lavere andeler for kjøretøytyper med mindre kapasitet sammenliknet med dagens modell.

Med noe større sikkerhet kan det slås fast at beregnede endringer i valg av kjøretøytyper som følge av ulike endringer (volumendringer, tiltak i transportnettet m.v.) vil bli mindre – og mer realistiske – dersom NGM endres slik at hensynet til retningsbalanse fanges opp i modellen.

4.7.4 Andre sammenhenger

Modellformuleringen inneholder en rekke forutsetninger om sammenhenger mellom ulike variabler. Vi har ikke hatt mulighet til noen systematisk gjennomgang av disse, men ser at det kan være grunn til å stille spørsmål ved hvordan enkelte sammenhenger defineres i modellen.

Et eksempel på dette er laste- og lossekostnadene som i modellen varierer mellom ulike lastbærere og avhenger av mengden (tonn) samtidig som kostnadene ikke varierer avhengig av varetype eller volum. Det kan også tenkes at det er forskjeller i laste- og lossekostnadene mellom ulike stereotyper. For leveranser fra produsent til distributør er det grunn til å anta at det etableres effektive rutiner for håndtering av lasting og lossing som kan være vanskelig å realisere ved leveranser produsent eller distributør til konsument.

5. Bruk og utvikling av NGM

5.1 Hva skal NGM kunne brukes til?

Et foredrag fra 2010 (Madslien, DEMOLOG; Modellering av logistikk fra et makroperspektiv, 2010) gir en oversikt over hva modelletablererne på det tidspunktet så for seg at modellen kunne brukes til å beregne virkninger av endringer i et stort antall eksogene variabler:

1. Endring i transportkostnader, både fremføring og laste/losse/omlasting (bakenforliggende detaljert kostnadsmodell med drivstoffpriser og andre priser, sjåførlønn, laste/lossekostnad mv)
2. Endring i transporttid (infrastruktur, tidsbruk i terminal osv.)
3. Endring i kjøretøytyper tilgjengelig
4. Endring i terminalstruktur (antall, lokalisering, tilgang for kjøretøy og varer)
5. Endring i kapasitet på jernbanen
6. Endring i dybde ved kai
7. Endring i lokalisering av industri (påvirker matrisene)
8. Økonomisk utvikling (påvirker matrisene; MSG og Pingo)

Vi har ingen oversikt over samlet bruk av modelsystemet, men antar at modellen er anvendt av flere brukere i tilknytning til analyser av større tiltak innenfor vei-, jernbane- og havnesektoren.

Videre foreligger en rekke rapporter som dokumenterer arbeider hvor NGM er benyttet til å belyse spesielle problemstillinger. De vi har funnet er alle utarbeidet av – eller basert på beregninger gjennomført av – en eller flere av organisasjonene som har utviklet modellen (Transportøkonomisk Institutt, SITMA, Significance). Et par av disse arbeidene gjennomgås i avsnitt 5.2.

5.2 Eksempler på bruk av NGM

5.2.1 NTP Godsanalyse. Hovedrapport

I forbindelse med utarbeidelsen av Nasjonal Transportplan for perioden 2018-2029 gjennomførte transportetatene og Avinor en bred samfunnsanalyse av godstransport. Hensikten med arbeidet var å etablere et oppdatert kunnskapsgrunnlag for etatenes arbeid med godstransport – og målet var å bidra til sikrere, mer miljøvennlig og samfunnsøkonomisk effektiv transport av gods.

Resultatene av arbeidet oppsummeres i en hovedrapport (NTP Godsanalyse, 2015), vår tolkning av konklusjonene gjengis nedenfor.

1. Transport av gods må bli sikrere, mer miljøvennlig og effektivt for alle transportformer
 - 1.1. Teknologisk utvikling.
 - 1.2. Peker på offentlige aktørers rolle som eiere av infrastruktur og foretak, regulator og transportkjøper.
2. Liten konkurranse mellom transportformene
 - 2.1. Ulike transportmidler har ulike roller.
 - 2.2. 5-7 millioner tonn kan overføres fra vei til skip eller jernbane dersom sterke tiltak settes i verk. Vurdert ut fra samfunnsøkonomiske lønnsomhetskriterier er potensialet mer beskjedent.

3. Lastebilens og flytransportens økte konkurransekraft henger sammen med mer hast og mer handel mot øst.
 - 3.1. Veitransport her vunnet terreng som følge av endringer i hva vi handler, hvem vi handler med, grad av sentrallagring samt lastebilens anvendelighet og fleksibilitet
 - 3.2. Raske leveranser med fly utvider markedet for fersk fisk
 - 3.3. Utvidelsen av EU har flyttet industriproduksjon og varestrømmer østover
4. Desentralisert terminalstruktur med god arealtilgang gir størst volum på sjø og bane
 - 4.1. Lave innhentings- og distribusjonskostnader er avgjørende for kombinerte transporter
 - 4.2. Dagens arealstrategier legger til rette for effektiv transport på vei, etablering av bynære havne- og jernbaneterminaler møter arealkonflikter og begrensninger.
5. For jernbanen er sikring av dagens transport den viktigste oppgaven.
 - 5.1. Driftssikkerhet og effektivitet må bedres for å holde på kundene.
 - 5.2. Nødvendig med store investeringer i terminaler og banenett, konkurranse med persontog om begrenset sporkapasitet
6. Sterk vekst for alle transportformer – men sterkest for lastebilen
 - 6.1. Veksten i vegtransport kan halveres ved å gjøre veitransport dyrere og annen transport billigere og mer effektiv.
 - 6.2. Bedre veinett, større vogntog og økt konkurranse styrker veitransportens konkurransekraft.

Nasjonal godsmodell (NGM) er brukt intensivt i arbeidet med den brede samfunnsanalysen av godstransport. De fleste konklusjonene fra analysen (1, 3, 4 og 5) ser likevel ut til å være basert hovedsakelig på generell kunnskap om status og utvikling i godsmarkedet. Arbeidet med å etablere datagrunnlag for godsmodellen kan ha hatt stor betydning for etablering av denne kunnskapen.

Konklusjonene 2 og 6 ser ut til å være basert på beregninger gjennomført med NGM. Som vi har påpekt i avsnitt **Feil! Fant ikke referanseilden.** undervurderer modellen konkurranseflatene mellom transportmidlene; det forutsettes at transportsystemet ikke påvirker hvor varer produseres, i tillegg forutsettes det også uendret lokalisering av terminaler og grossistlagre.

5.2.2 Godsknutepunkter – struktur og effektivitet

Rapporten (Grønland & Hovi, Godsknutepunkter - struktur og effektivitet, TØI rapport 1128/2011) belyser

- Terminalstrukturer
- Alternative transportkjeder for import av containergods til Vestlandet
- Potensial for økt grensekryssende jernbanetransport
- Godsknutepunktstruktur rundt Oslofjorden

Terminalstruktur og potensial for grensekryssende jernbanetransport er belyst utenfor NGM, men det er i begge tilfeller tatt utgangspunkt i forutsetninger fra Kostnadsmodellen og datagrunnlag fra varestrømmatriser mv.

Analysen av alternative transportkjeder for import av containergods til Vestlandet er gjennomført ved å endre PWC-matrisene slik at import av gods i mindre grad går via Oslo. Deretter er det gjennomført beregninger med Logistikkmodellen som er sammenliknet med beregninger gjennomført med de opprinnelige PWC-matrisene.

Analysen av alternativ knutepunktstruktur rundt Oslofjorden er gjennomført ved hjelp av modellen. Konkret er det lagt restriksjoner på bruk av ulike skipstyper i ulike havner for å analysere konsekvenser av ulike muligheter for etablering av godsknutepunkter. Analysen framstår som et godt eksempel på hva modellen kan brukes til.

5.3 Videre utvikling av NGM

Med bakgrunn i vår gjennomgang av Nasjonal Godsmodell, baserer vi vår vurdering av videre utvikling av modellen på følgende hovedkonklusjoner:

4. NGM er mer egnet til å gjennomføre analyser på kort sikt enn på lang sikt. Usikkerheten knyttet til framtidige godsstrømmer er vesentlig større enn den usikkerheten vi finner i persontransportmodeller. For mange varegrupper er det vanskelig å se for seg at det kan etableres gode metoder for å anslå utvikling i lokalisering av produksjon og distribusjon.
5. Modellen er mer egnet til å gjennomføre analyser på aggregert nivå enn på disaggregert nivå. Dette skyldes både svakheter ved modellens datagrunnlag og egen-skaper ved modellen.
6. Modellsystemet framstår som lite tilgjengelig og stiller store krav til brukerne. Uten et bedre brukergrensesnitt (muligheter til å gjennomføre endringer i viktige eksogene variabler uten å redigere tekstfiler eller kontrollfiler) og en sikrere håndtering av datasett er det vanskelig å se for seg at modellen vil kunne tas i bruk i særlig grad utenfor de organisasjonene som har hatt ansvar for å etablere modellen.

Modellen har i dag et høyt detaljeringsnivå. Dette gjelder både antall soner i modellen, antall kjøretøytyper og antall varegrupper. Videre må det etableres datasett som inneholder et betydelig antall forutsetninger for hver sone, kjøretøytype og varegruppe. I de arbeider vi har sett, hvor modellen har vært benyttet, har mulighetene til å hente ut resultater med høyt detaljeringsnivå vært benyttet i liten grad. Vår gjennomgang dekker bare et lite utsnitt av datamengden som kreves og vi har kun testet enkelte mekanismer i logistikkmodellen. Likevel finner vi grunn til å anbefale:

- Tallet på varegrupper bør reduseres. Behovet for data reduseres og modellen vil kjøre raskere. Beregningene vi har gjennomført tyder på at det bare har marginal betydning for resultatene å slå sammen varegrupper.
- Antall soner i modellen holdes på dagens nivå eller reduseres. Det er behov for å heve kvaliteten på sonedata i modellen, det tror vi er lettere å oppnå ved å begrense tallet på soner. Vår test av flytting av varestrømmer fra en sone til en annen gav knapt merkbare utslag på resultatene i modellen.
- Vi har ikke gjennomført analyser hvor tallet på kjøretøytyper eller rammebetingelsene for disse er endret, men også her kan det være grunn til å vurdere forenklinger.

Logistikkmodellen framstår i dag som en avansert modell for optimering av varestrømmer, samtidig er håndteringen av inndata og resultater på et svært lavt nivå. Vår gjennomgang gir grunnlag for å peke på følgende muligheter for utvikling av modellen:

- Introdusere stokastiske elementer ved kostnadsminimeringen i Logistikkmodellen. Benyttet på (enkelte av) modellens kostnadsvariabler kan dette gi mer realistiske endringer i transportstrømmer på relasjonsnivå. Det kan også benyttes stokastikk for lokalisering av produsenter, distributører og konsumenter.
- Inkludere variabel (variabler) som ivaretar punktlighet i modellen.
- Etablere systematikk for gjennomføring av følsomhetsanalyser knyttet til framtidig lokalisering av produsenter og distributører.

- Organisere modellens output og input slik at ingen forutsetninger / parametere ligger i kontrollfiler – og alle data knyttet til en modellkjøring samles i et datasett.
- Gå gjennom sammenhenger i modellen med sikte på forenklinger /økt realisme

6. Bibliografi

- Brümmerstedt, K., Flitsch, V., & Jahn, C. (2015). *Cost Functions in Freight Transport Models*. Hamburg International Conference of Logistics (paper).
- de Jong, G., Ben-Akiva, M., Baak, J., & Grønland, S. (2013). *Method Report - Logistics Model in the Norwegian Freight Model System (Version 3)*. Significance / SITMA.
- Ekhaugen, T., Homleid, T., & Rasmussen, I. (2015). *Samfunnsøkonomisk analyse av tiltak innenfor godstransport*. Oslo: Vista Analyse, rapport 2015/37.
- Grue, B., Madslie, A., & Hovi, I. (2016). *Gods- og persontransportprognoser 2006-2014*. Oslo: Transportøkonomisk Institutt, TØI rapport 1468/2016.
- Grønland, S. (2011). *Kostnadsmodeller for transport og logistikk*. Oslo: SITMA og Transportøkonomisk Institutt, rapport 1127.
- Grønland, S. (2015). *Kostnadsmodeller for transport og logistikk - basisår 2012*. Oslo: SITMA og Transportøkonomisk Institutt, rapport 1435.
- Grønland, S. (TØI-rapport 1435/2015). *Kostnadsmodeller for transport og logistikk - basisår 2012*. Oslo: Transportøkonomisk Institutt og Sitma.
- Grønland, S., & Hovi, I. (TØI rapport 1128/2011). *Godsknutepunkter - struktur og effektivitet*. Oslo: Transportøkonomisk Institutt og Sitma.
- Grønland, S., Berg, G., Bø, E., & Hovi, I. (TØI rapport 1372/2014). *Kostnadsstruktur i godstransport. Betydning for priser og transportvalg*. Oslo: Transportøkonomisk Institutt og Sitma.
- Halse, A. H., & Killi, M. (TØI rapport 1189/2012). *Verdsetting av tid og pålitelighet i godstransport på jernbane*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Halse, H. A., Samstad, H., Killi, M., Flügel, S., & Ramjerdi, F. (TØI rapport 1083/2010). *Verdsetting av framføringstid og pålitelighet i godstransport*. Oslo: Transportøkonomisk Institutt.
- Hansen, W., & Johansen, B. G. (2016). *Beregning av netto ringvirkninger på utvalgte prosjekter. NTP 2018-2029*. Oslo: Transportøkonomisk Institutt, TØI rapport 1471.
- Hovi, I., Caspersen, E., & Grue, B. (2015). *Varestrømsmatriser med basisår 2012/2013*. Oslo: Transportøkonomisk Institutt, TØI rapport 1399/2015.
- Hovi, I., Caspersen, E., Johansen, B., Madslie, A., & Hansen, W. (2015). *Grunnprognoser for godstransport til NTP 2018-2027*. Oslo: Transportøkonomisk Institutt, TØI-rapport 1393.
- Madslie, A. (2010). *DEMOLOG; Modelling av logistikk fra et makroperspektiv*.
- Madslie, A., Steinsland, C., & Grønland, S. (2012). *Nasjonal godstransportmodell. En innføring i bruk av modellen*. Oslo: Transportøkonomisk Institutt, rapport 1247.
- Madslie, A., Steinsland, C., & Grønland, S. (2015). *Nasjonal godstransportmodell. En innføring i bruk av modellen*. Oslo: Transportøkonomisk Institutt, TØI rapport 1429/2015.

NTP Godsanalyse. (2015). *Hovedrapport*. Jernbaneverket, Avinor, Statens vegvesen og Kystverket.

Osloregionen. (April 2012). *Gods og logistikk i Osloregionen*. Oslo: Osloregionen.

Rålm (redaktør), P. (2013). *Mat og industri 2013*. Oslo: Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning.

University of Florida, Center for Urban Transportation Research. (u.d.). *Analysis of Freight Movement Mode Choice Factors*.

Vedlegg 1: Følsomhetsanalyse laste og lossekostnader

| | | | Modellforutsetninger | | Følsomhetsanalyse | |
|---|----|-----------------------------------|----------------------|----------|----------------------|----------|
| | | | Pr. for- sendelse | Pr. tonn | Pr. for- sendelse | Pr. tonn |
| 1 | 1 | LGV | 47,- | 330,- | 141,- | 110,- |
| 1 | 2 | Light distribution | 61,- | 227,- | 183,- | 76,- |
| 1 | 3 | Heavy distribution, closed unit | 126,- | 183,- | 378,- | 61,- |
| 1 | 4 | Heavy distribution, containers | 114,- | 143,- | 342,- | 48,- |
| 2 | 1 | Articulated semi, closed | 99,- | 114,- | 297,- | 38,- |
| 2 | 2 | Articulated semi, containers | 112,- | 143,- | 336,- | 48,- |
| 2 | 3 | Tank truck, distance | 93,- | 10,- | 279,- | 3,- |
| 2 | 4 | Dry bulk truck | 94,- | 4,- | 282,- | 1,- |
| 2 | 5 | Timber truck with hanger | 221,- | 7,- | 663,- | 2,- |
| 2 | 6 | Termo truck | 54,- | 186,- | 162,- | 62,- |
| A | 1 | Truck2525 | 152,- | 117,- | 456,- | 39,- |
| 4 | 1 | Container lo/lo 8500 dwt | 86,- | 159,- | 258,- | 53,- |
| 4 | 2 | Container lo/lo 5200 dwt | 114,- | 158,- | 342,- | 53,- |
| 4 | 3 | Container lo/lo 23000 dwt | 78,- | 154,- | 234,- | 51,- |
| 5 | 1 | Break bulk lolo, 1.000 dwt | 53,- | 103,- | 159,- | 34,- |
| 5 | 2 | Break bulk lolo, 2.500 dwt | 57,- | 99,- | 171,- | 33,- |
| 5 | 3 | Break bulk lolo, 5.000 dwt | 94,- | 104,- | 282,- | 35,- |
| 5 | 4 | Break bulk lolo, 9.000 dwt | 153,- | 98,- | 459,- | 33,- |
| 5 | 5 | Break bulk lolo, 17.000 dwt | 278,- | 99,- | 834,- | 33,- |
| 5 | 6 | Break bulk lolo, 40.000 dwt | 819,- | 100,- | 2.457,- | 33,- |
| 5 | 15 | Ro/ro (cargo) 8.000 dwt | 74,- | 113,- | 222,- | 38,- |
| 5 | 16 | Ro/ro (cargo) 8.000 dwt | 85,- | 111,- | 255,- | 37,- |
| 5 | 17 | Ro/ro (cargo) 8.000 dwt | 172,- | 124,- | 516,- | 41,- |
| 5 | 26 | GC (coastal sideport) 1.250 dwt | 30,- | 60,- | 90,- | 20,- |
| 5 | 27 | GC (coastal sideport) 2.530 dwt | 29,- | 52,- | 87,- | 17,- |
| 5 | 28 | GC (coastal roro) 4.440 dwt | 30,- | 22,- | 90,- | 7,- |
| 6 | 1 | Electricwagon load trains | 65,- | 73,- | 195,- | 24,- |
| 6 | 2 | Car trains | 269,- | 26,- | 807,- | 9,- |
| 7 | 1 | Electric combi trains | 65,- | 180,- | 195,- | 60,- |
| 7 | 2 | Electric timber trains | 160,- | 22,- | 480,- | 7,- |
| 7 | 3 | Electric system trains (dry bulk) | 98,- | 2,- | 294,- | 1,- |
| 7 | 4 | Combi thermo trains | 70,- | 180,- | 210,- | 60,- |
| 7 | 6 | Electric system trains (wet bulk) | 242,- | 6,- | 726,- | 2,- |
| B | 1 | Diesel combi trains | 65,- | 180,- | 195,- | 60,- |
| B | 2 | Diesel timber trains | 180,- | 24,- | 540,- | 8,- |
| B | 3 | Diesel system trains (dry bulk) | 103,- | 2,- | 309,- | 1,- |
| B | 4 | Diesel combi thermos trains | 75,- | 180,- | 225,- | 60,- |
| B | 6 | Diesel system trains (wet bulk) | 512,- | 7,- | 1.536,- | 2,- |

Vedlegg 2: Mappestrukturen i NGM

Godsmodellen har en spesiell mappestruktur; alle forutsetninger og resultater lagres sammen med filene som er nødvendig for å kjøre modellen. Navn på filer inneholdende forutsetninger og resultater er det samme i alle kjøring. Til sammen gir en kjøring med modellen et arkiv med 1 844 filer. Dette inkluderer både filer som er nødvendig for å kjøre modellen (.exe og .bat og en rekke .ctl-filer).

| | | | |
|------------|----------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------|
| input | costs | vehicles.txt | |
| | | consolfac.txt | |
| | | transferprohibition.txt | |
| | | transfer.dat | |
| | | cargocosts.dat | Verdi pr. tonn, varegrupper |
| | capa | lincost.txt | |
| | | linecap.txt | |
| | | termcap.txt | |
| | | termcost.txt | |
| | calib | calib.fac ... calib5.fac | |
| | los | Trai_DISTANCE.CSV | |
| | | Trai_DOM_DIST.CSV | |
| | | tra_i_TIME.CSV | |
| | | Trai_TOLL.CSV | |
| | | TRAINDIST.EXE | |
| | nodes | nodes1.dat nodes39.dat(*) | Informasjon om terminalene |
| | PWC | consumption.txt | |
| | | production.txt | |
| | | pwcl.dat ... pwc39.dat | |
| ForceChain | ForceChain.exe | | |
| | ForceChain.out | | |
| Firm2firm | firm2firm.exe | | |
| | f2fi.ctl | i = varegruppe | |
| | F2Fi.dat | i = varegruppe (*) | Godsstrømmer mellom bedrifter |
| | D2Fi.log | i = varegruppe | Logfiler med informasjon om evt. supplering av bedrifter |

| | | | |
|-------------|-----------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------|
| Extract | extract.exe | | Genererer kjøretøyfiler |
| | extract1_1.ctl .. extract1_4.ctl | | |
| | extract2_1.ctl .. extract2_6.ctl | | |
| | extract3_1.ctl .. extract3_6.ctl | | |
| | extract4_1.ctl .. extract4_3.ctl | | |
| | extract5_1.ctl .. extract5_30.ctl | | |
| | extract6_1.ctl .. extract6_2.ctl | | |
| | extract7_1.ctl .. extract7_6.ctl | | |
| | extract8_1.ctl.ctl | | |
| | extract9_1.ctl .. extract9_2.ctl | | |
| | ExtractA_1.ctl | | |
| | extractB_1.ctl .. extractB_6.ctl | | |
| | OD_Vhcli_j.dat | $i = \text{mode}$ $j = \text{kjøretøy}$ | Antall kjøretøy pr relasjon |
| | OD_Tonnesi_j.dat | $i = \text{mode}$ $j = \text{kjøretøy}$ | Tonn pr. relasjon |
| | OD_VhclA | | |
| | | | |
| CONSTRAINTS | Constraints.ctl | | |
| | CONSTRAINTS.EXE | | |
| | lincost.txt | | |
| | Lincost1.txt | | |
| | linevol.txt | | |
| | linevol1.txt | | |
| | summury0.rep | | |
| | termcost.txt | | |
| | termvol.txt | | |
| | termvol1.txt | | |
| | TRAINDIST.exe | | |
| Consolidate | consolidate.exe | | |
| | consolidatei_j.ctl | $i = ?$ (varegruppe) | |
| | CONSOLi_j.dat | $j = ?$ | |
| | VHCLI_j.dat | | |
| | FREQi_j.dat | | |
| | | | |
| ChainChoi | MergeOut.exe | | |
| | report.exe | | |
| | Select.dat | | |

| | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| | ChainChoi_initi.ctl | <i>i</i> =varegruppe | |
| | ChainChoi.i.cst | <i>i</i> =varegruppe | |
| | ChainChoi.ctl | <i>i</i> =varegruppe | |
| | CONSOLi_j.fac | <i>I</i> = 1-13, <i>j</i> = 3 og/eller 9 | |
| | chainchhoi.log | | resultater |
| | chainchhoi.out | | |
| | chainchhoi.rep | | |
| | chainchhoi.cst | | |
| | linevoli.txt | <i>i</i> = 1-1 | |
| | termvoli.txt | | |
| | TONNESi_j.dat | <i>i</i> = Varegruppe, <i>j</i> = mode) (1..8 samt A og B | Sone-sone tonn pr mode |
| | summary.rep | | Oppsummering pr. varegruppe |
| | Vehicles.rep | | Oppsummering pr kjøretøytype |
|  BuildChain | BuildChain.exe | | Bygger transport- kjeder |
| | BuildChaini.ctl | <i>I</i> = varegruppe 1..39 | Parametere, forutsetninger |
| | Chainsi.dat | <i>i</i> = varegruppe 1..39 | |

Vista Analyse AS

Vista Analyse AS er et samfunnsfaglig analyseselskap med hovedvekt på økonomisk forskning, utredning, evaluering og rådgivning. Vi utfører oppdrag med høy faglig kvalitet, uavhengighet og integritet. Våre sentrale temaområder omfatter klima, energi, samferdsel, næringsutvikling, byutvikling og velferd.

Våre medarbeidere har meget høy akademisk kompetanse og bred erfaring innennfor konsulentvirksomhet. Ved behov benytter vi et velutviklet nettverk med selskaper og ressurspersoner nasjonalt og internasjonalt. Selskapet er i sin helhet eiet av medarbeiderne.

Vista Analyse AS
Meltzersgate 4
0257 Oslo

post@vista-analyse.no
vista-analyse.no