

KAPITTEL 9

# Logistikkmodellen i nasjonal godstransport- modell

– et planleggingsverktøy for  
godstransport i Norge

Stein Erik Grønland,  
Inger Beate Hovi og Anne Madslie

## SAMMENDRAG

*Nasjonal godstransportmodell er et planleggingsverktøy som er utviklet for å kunne beregne effekten på godstransporten av ulike tiltak som for eksempel endringer i vegsystemer, endringer i jernbaneterminaler eller havneløsninger. Norge var relativt tidlig ute i utviklingen av en nasjonal modell, noe som har gitt gode erfaringer fra en rekke prosjekter.*

*Den norske godstransportmodellen er i utgangspunktet en ADA<sup>1</sup>-modell. Den store tyngden av beregningene skjer på disaggregert nivå med varestrømmer mellom soner, hvor man først tilordner optimale omlastingspunkter i nettverket for hvert av kjedealternativene som kan være aktuelle for denne transporten. Deretter optimaliseres hvert av kjedealternativene kostnadmessig med hensyn til skipningsstørrelser og valg av transportenheter innenfor hver transportmodus. De siste beregningene gjøres i en del tilfeller iterativt for å ivareta effekten av konsolidering med andre forsendelser på samme transportenhet.*

*Modellen er basert på at transportkjedene velges ut fra hva som gir de laveste kostnadene for transportbrukerne. I artikkelen vises litt mer i detalj hvordan modellen er bygd opp, og det gis en oversikt over erfaringer fra bruk i en rekke prosjekter.*

## 9.1 INNLEDNING

Utvikling av godstransportmodeller (GTM) har en langt kortere historie enn utvikling og bruk av persontransportmodeller. Den første bruken av en aggregert logistikkjede godsmodell var den såkalte Strategic Model for Integrated Logistics and Evaluations (SMILE) i Nederland (Tavasszy mfl., 1998; Tavasszy, 2006). De Jong mfl. (2005) oppsummerte forskningsfronten for nasjonale GTM spesifisert på et detaljert sonenivå, hvor valg av transportmodus er basert på logistiske elementer. Dette bidro til å starte opp forskning for etablering av nasjonale GTM i Sverige og Norge (de Jong mfl., 2005).

På europeisk nivå har det vært arbeidet med transportnettverksmodeller som skal dekke både person- og godstransport, TRANS-TOOLS som står for «Transport forecasting and Scenario testing». Modellen består av flere delmodeller for generering og tilordning av transport, økonomisk aktivitet, handel, logistikk, regional utvikling og miljøeffekter (de Jong mfl., 2016). Målet var først og fremst å lage et verktøy for analyse av transportpolitikk på europeisk nivå.

---

1 ADA: Aggregert-Disaggregert-Aggregert.

Det er fortsatt få eksempler på nasjonale GTM som er spesifisert på et detaljert sonenivå (Hovi mfl., 2013) hvor de modale valgene er basert på logistikkelementer. Med dette menes for eksempel valg av forsendelsesstørrelse, bruk av konsolidering og distribusjonssentre. Som referansen viser var dette status i 2013, men senere litteraturstudier bekrefter at dette også er status i dag. Den første logistikkmodellen for godstransport i Norge var operativ i 2005 (de Jong mfl., 2005, 2008). Den norske modellen er basert på et aggregert-disaggregert-aggregert (ADA) modellsystem. Strømmer mellom produksjon og konsum (PC) samt nettverksmodellen er spesifisert på aggregert nivå, primært ut fra datatilgjengelighet. Det samme gjelder strømmer mellom produksjon og grossist (PW) og mellom grossist og konsum (WC). Logistikkmodellen mellom de to aggregerte komponentene er en disaggregert modell på foretaksnivå (beslutningsenheten for valg av transport), noe som brukes til å forklare valg av forsendelsesstørrelser og transportkjeder, inklusiv valg av transportmodi og transportenheter for hvert trinn («leg») i transportkjeden (de Jong mfl., 2013).

I Europa har mange land arbeidet med utvikling av nasjonale GTM for å få støtte til beslutninger som gjelder ny infrastruktur og transportpolitikk.<sup>2</sup> Det samme gjelder også for små og mellomstore land utenfor Europa. I store land som USA og Kina vil regionale modeller (for eksempel for enkeltstater i USA) være mer sammenlignbare med europeiske nasjonale GTM med hensyn til problemstillinger og detaljnivå.

I den senere tiden har mange nasjonale GTM endret seg betydelig (de Jong mfl., 2016) og blitt mindre lik persontransportmodeller enn de var tidligere, blant annet ved å inkludere ulike logistikkelementer som for eksempel lager. Dette har også skapt en del nye utfordringer når man skal ta resultater fra operasjonsanalyse på bedriftsnivå og overføre disse til større aggregerte modeller. Det siste er nettopp den vegen som er valgt for den norske modellen. Dette har også ledet til at den norske modellen kan hevde seg godt internasjonalt (de Jong mfl., 2016). I Skandinavia startet opprinnelig utviklingen av den nasjonale godstransportmodellen (NGM) som et samarbeidsprosjekt mellom norske og svenske samferdselsmyndigheter, noe som ga en del stordriftsfordeler i de tidlige fasene i modellutviklingen. Av ulike årsaker valgte man rundt 2008 forskjellige retninger på utviklingen. Hovedforskjellen lå i at mens man i den norske modellen la opp til at man kan velge mange forskjellige og spesifikke transportenheter, valgte man i den svenske modellen å bruke færre og mer

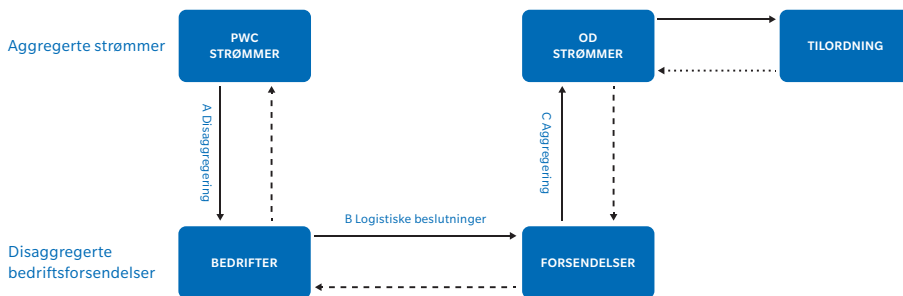
---

<sup>2</sup> Nasjonale GTM er vanligvis ikke begrenset til bare innenlands transportstrømmer, men inkluderer også import og eksportstrømmer og også i en del tilfeller transittstrømmer.

generelle transportenheter. I Danmark har utviklingen delvis vært knyttet opp mot arbeidet med TRANS-TOOL.

## 9.2 MODELLSTRUKTUREN

Figur 9.1 er en skjematisk beskrivelse av strukturen i det norske modellsystemet, basert på de Jong mfl. (2008). Boksene indikerer modellkomponenter. Toppnivået er de aggregerte modellene, mens bunnivået viser de disaggregerte modellene.



FIGUR 9.1 ADA-strukturen for GMT-systemet (de Jong mfl., 2008)

Det norske systemet starter med eksogent gitte strømmer av gods mellom soner for produksjon (P), engros (W) og forbruk (C). Sonenivået er i utgangspunktet kommuner i Norge, land i Europa og kontinenter utenfor. De største byene i Norge har flere soner, det gjelder også de europeiske land hvor det er mye transport til/fra Norge. I ADA tar logistikkmodellen PWC-strømmer som inngangsdata og produserer avsender-mottaker-strømmer (OD-strømmer er transportmiddelfordelt). Logistikkmodellen har tre trinn:

Trinn A: Disaggregering for å allokere strømmer på bedriftsnivå for foretak på P-, W- og C-nivå

Trinn B: Modeller for logistikkbeslutninger på foretaksnivå, som for eksempel forsendelsesstørrelser, bruk av konsolidering, valg av transportmodi, transportenheter og lastbærere

Trinn C: Aggregering tilbake til OD-strømmer transportmiddelfordelt

Varestrømmene man ser på i modellen, er enten mellom steder i Norge eller mellom soner i Norge og soner i utlandet. Transfer gjennom tredjeland velges hvis dette gir de mest kostnadseffektive løsningene. Eksempelvis går transport

med jernbane til Narvik gjennom Sverige. Et annet eksempel kan være lastebiltransporter fra Oslo til Finnmark som f.eks. delvis kan gå gjennom Sverige og eventuelt Finland før de kommer frem til mottaker i Finnmark.

### 9.3 LOGISTIKKMODELLEN I DET NASJONALE GODSMODELLSYSTEMET (NGM)

Det nasjonale godsmodellssystemet (NGM) er et modellsystem som består av en likevektsmodell, PINGO, for regionalisering og framskrivning av varestrømmer, en nettverksmodell implementert i CUBE Voyager og en logistikkmodell som fordeler varestrømmer ut fra minimalisering av transportbrukernes logistikkostnader.

Logistikkmodellen er opprinnelig utviklet av det nederlandske selskapet Significance i samarbeid med Transportøkonomisk institutt (TØI) og SITMA. Datagrunnlaget (Hovi, 2018; Grønland, 2018) som modellen anvender, er innhentet og tilrettelagt av TØI og SITMA på oppdrag fra en tverretattlig arbeidsgruppe for transportanalyser i Nasjonal transportplan (NTP transportanalyser).

I logistikkmodellen beregnes transportfordeling, logistikkostnader for transportbrukerne, terminalmengder og transportstrømmer. Den kan oppfattes som en kjempestor kalkulator som basert på prognoser for ikke transportmid-delfordelt transportbehov, beregner hva som er mest kostnadseffektiv rute for ulike typer transportkjeder, og velger igjen blant disse ulike alternativene hva som gir lavest brukerkostnader.

De totale varestrømmene som transportmiddelfordeles i modellen, er konstante. Dette betyr i klartekst at det totale behovet for godstransport i modellen ikke påvirkes av terminalstruktur og andre policyvariabler i modellen. Det som påvirkes er metoden for fremføring, valg av transportmidler, frekvenser og skipningsstørrelser.

Modellen består av:

- Varestrømsmatriser for 39 varegrupper med varestrømmer mellom soner i Norge og mellom soner i Norge og utlandet. Disse er ikke fordelt på transportmiddel. Matriser for fremtidige år er basert på forventet utvikling for de ulike næringene ut fra perspektivmelding og befolkningsprognoser.
- Data om bedrifter per sone
- Detaljerte kostnadsfunksjoner for 59 ulike transportmidler, med tids- og distansekostnader, og lasting/lossing/omlastingskostnader
- Tidskostnader for varene
- Estimerte lagerkostnader, ordrekostnader og lagerholdskostnader
- Detaljerte nettverk for veg, jernbane, sjø

- Terminalkostnadene for sjø inkluderer anløpsvederlag, kaivederlag, ISPS, vareavgifter, losberedskap i tillegg til direkte kostnader til personell og utstyr til lastning/lossing og tidskostnader for skipene i havneterminalen. Videre tas det også hensyn til mobiliseringskostnader for skip.
- Terminalkostnader for jernbaneterminal omfatter direkte kostnader til personell og utstyr til lastning og lossing, kostnader til skifting, og tidskostnader for togene på terminal.
- Ved endringer i infrastruktur endres avstander, tider, kostnader og transportfordeling – basert på at brukerne tar rasjonelle valg.

Valgene styres av optimal logistisk atferd (transportvalg er et resultat av best mulig avveining mellom transportkostnader og lagerkostnader). Optimaliseringen skjer i flere trinn. Først genereres mulige transportkjeder for hver enkelt transportstrøm. En transportkjede kan for eksempel være en kjede bil–jernbane–bil, bil direkte, eller bil–båt–bil, bil–båt–jernbane–bil. Det genereres en rekke kjeder, antallet kan variere avhengig av godstype, men ligger typisk for de ca. 650 000 varestrømmene på i størrelsesorden ti kjedetyper. Modellen beregner så, for standard transportenheter, optimale omlastingspunkter. Her benyttes en algoritme for dynamisk programmering. I neste trinn i optimaliseringen finnes for hver av kjedene optimal frekvens, og optimalt valg av transportenheter. I disse beregningene tas det også hensyn til effekten av konsolidering av flere forsendelser på samme enhet. Til slutt velges den kjeden, frekvensen og transportmiddelalternativet som gir de laveste kostnadene for transportbrukeren. I optimaliseringen tas det også hensyn til den del av lagerkostnadene som påvirkes av transportfrekvensen (syklisk lager) og tidskostnader for godset.

Som grunnlag for valgene er det beregnet detaljerte kostnader (km-avhengige, tidsavhengige og terminalkostnader) for en rekke ulike kjøretøytyper, samt for lagerelementet.

Den siste versjonen av modellen som benyttes, forelå i 2019. Som basismatriser for godsstrømmer er benyttet oppdaterte matriser fra 2019 for basisår 2016. Framskrivninger for fremtidige ikke transportmiddelfordelte godsstrømmer er utarbeidet for hver varegruppe basert på Finansdepartementets vekstbaner for næringer i perspektivanalysene og på SSBs befolkningsprognoser. Før endelige vekstbaner legges på de enkelte varestrømmene, foretas en regionalisering i likevektsmodellen PINGO, som legges til grunn for de vekstbaner som er brukt i prognosene.

Enhver modell har per definisjon usikkerhet knyttet til beregningene. De viktigste i denne sammenheng er:

- Kostnadsnivået som ligger inne i de ulike beregningene, er 2016-nivå.
- Selv om basismatrisene for 2016 er basert på den beste tilgjengelige statistikken, vil det være en viss usikkerhet knyttet til varestrømmene.
- Prognosene for utvikling i de ulike varestrømmene er basert på forventet utvikling fra Finansdepartementets perspektivanalyser og SSBs befolkningsprognoser. Ved så vidt lange tidshorisonter som det her lages framskrivninger for, vil disse forutsetningene ha en stor grad av usikkerhet.
- Det forutsettes at de ulike bransjene som er knyttet til de enkelte varegrupper, har en relativt uendret struktur og lokalisering av produksjonsanlegg og varelagre. Dette er også forutsetninger som bør endres over tid.
- Beregningene for fremtidige år forutsetter at alle transportmidler har en parallell teknisk utvikling, og at forholdet mellom de ulike faktorprisene er uendret. Dette er en forutsetning som innebærer usikkerhet.
- Kostnadene er modellert basert på representative transportenheter i dagens marked. Med transportenheter mener vi enheter som ulike biltyper inklusive henger og trailere, skipstyper, ulike typer jernbanevogner og tog og ulike flytyper. Dette er forutsetninger som vil kunne endres fremtidig, og dette innebærer derfor usikkerhet.
- I inndelingen i varegrupper er disse søkt å være mest mulig homogene ut fra transporttekniske krav. Det vil være et mindre innslag av inhomogenitet i flere varegrupper, dette innebærer også en viss usikkerhet.
- Generelt vil alle parametere i kostnadsmodellering, varestrømmer og strukturdata ha en statistisk variasjon. Beregningene som foretas gir oss i så måte forventningsverdier, og det vil generelt være usikkerhet knyttet til resultatene, på samme måte som for all modellbruk i offentlig planlegging.

Forutsetningene i punktlisten over gjelder for standardmodellen – når man skal beregne ulike scenarier, vil det være mulig å legge inn endrede forutsetninger for de fleste av punktene.

Generelt vil all planlegging og modeller som tar sikte på å beregne fremtidige verdier, ha usikkerhet på grunn av at en rekke forutsetninger vil kunne endres, og jo lengre tidshorisonter man arbeider med, desto større blir usikkerheten, spesielt knyttet til større hendelser og strukturelle endringer i forutsetningene. Det som modellberegningen gjør med en rimelig grad av sikkerhet, er å beregne effekten av de forutsetninger som er valgt. Med hensyn til effekten av endringer i forutsetninger vil retningen være mindre usikker enn de absolutte tallene.

Ved beregninger for spesifikke konsepter gjøres det endringer i modellen for best mulig å kunne simulere konseptendringen. For eksempel ved nye terminaler opprettes disse i nettverkene med spesifikk lokalisering og med et tilbud som er bestemt av hva slags gods som skal betjenes, for eksempel kom-

bigods og vognlastgods. Ved eventuell nedlegging av terminaltilbud stenges dette tilsvarende i modellen. Eventuelle tiltak som gir ulik effektivitet i nye og gamle terminaler, simuleres ved at terminalene får ulike kostnadsnivåer og effektivitetsnivåer. Generelt vil tiltak simuleres ved endringer i nettverk, endringer i kostnadsfunksjoner og/eller endringer i tjenestetilbud som er tillatt i terminalene.

På bakgrunn av de gjennomførte endringene vil man i beregningene søke å finne de mest kostnadseffektive logistikkjedene, og hva dette medfører av transportvalg. Valg av transportløsning er ikke forhåndsbestemt, men velges derimot ut fra hva som kostnadmessig er mest gunstig. For eksempel vil endret plassering av en jernbaneterminal medføre endringer både i fremføringskostnader for tog og i kostnadene for innhenting og distribusjon av godset. Hvorvidt dette totalt sett i det enkelte tilfellet medfører kostnadsreduksjoner eller -økninger, vil være avgjørende for endringer i transportmiddelfordelingen, for eksempel mellom bil-bane-bil-løsninger og rene dør til dør biltransporter. Disse beregninger og sammenligninger foretas i modellen for hver enkelt transportkjede, for mer enn 650 tusen ulike transportstrømmer.

Ved beregning av endret godsnytte for brukerne for et tiltak, tar man utgangspunkt i beregnede logistikkostnader for norsk næringsliv i modellen. Dette beregnes i denne sammenheng som sum av transportkostnader, tidskostnader for varene og ordre- og lagerholdskostnader for syklisk lager. Man sammenligner i utgangspunktet logistikkostnadene for et tiltak mot de samme kostnadene for en referansesituasjon, og kostnadsforskjellen gir en nytteforskjell. Reduserte kostnader representerer en tilsvarende økning i nytte og økte logistikkostnader en nedgang i nytte.

Andre effekter av tiltak som endret utslipp og endringer i ulykkeskostnader er ikke internalisert i modellen, og må kalkuleres etterpå basert på beregnede tonn-km for ulike transportmidler.

#### 9.4 KOSTNADER I MODELLEN

Transportvalgene er slik de modelleres i godsmodellen, et resultat av hvilken transportkjede som gir de laveste logistikkostnadene. De beregnede logistikkostnadene er transportkostnader: fremføring, lasting, lossing og omlasting, tidskostnader for godset og den del av lagerkostnadene som er en funksjon av skipningsstørrelse, det vil si av partistørrelser. Kostnader til sikkerhetslager er derfor ikke inkludert. Transportkostnadene utgjør en dominerende del av de samlede kostnader.

Transportkostnadene for en gitt transportkjede vil avhenge av en rekke forhold, blant annet:



- Hvilket transportmiddel som benyttes, type og størrelse
- Partistørrelse for hver forsendelse av godset
- Transportteknologi som bruk av lastbærere, kraner, reachstackere og trucker
- Kapasitetsutnyttelse av transportmidlene
- Avstander til/fra terminalene for henting og distribusjon

Når en eller flere av forutsetningene endres, vil kostnader og også konkurranseforholdet mellom ulike transportkjeder kunne endres, slik at en eventuell generalisering må gjøres med en viss forsiktighet.

I og med at det forutsettes at transportfordelingen påvirkes av kostnadene, så ligger det inne en forutsetning om at på lang sikt vil relative priser følge de relative kostnader for ulike transportkjeder. Det kan kortsiktig i markedene være avvik mellom priser og kostnader ved manglende lastbalanse, ved at man for retninger med lav utnyttelse ofte får lavere priser, mens det ved høy utnyttelse benyttes høyere priser. Modellen tar hensyn til kapasitetsutnyttelse av transportmidlene når kostnadene beregnes, men hvis man har operatører som reduserer prisene ved manglende kapasitetsutnyttelse, vil dette avvike noe fra modellberegningene hvor kostnadene i prinsippet går opp ved lav utnyttelse i den grad man ikke klarer å tilpasse kapasiteten. Modellen forutsetter at kapasiteten tilpasses og legger inn ekstra kostnader knyttet til retur ved at man har satt kapasitet i lastretning noe lavere enn det som faktisk er tilfellet.

Som et eksempel på kjedekostnader ser vi på en transport mellom Oslo og Trondheim. Her er det bare vist en sammenligning mellom bil dør til dør og bil–tog–bil.

Følgende forutsetninger er lagt til grunn:

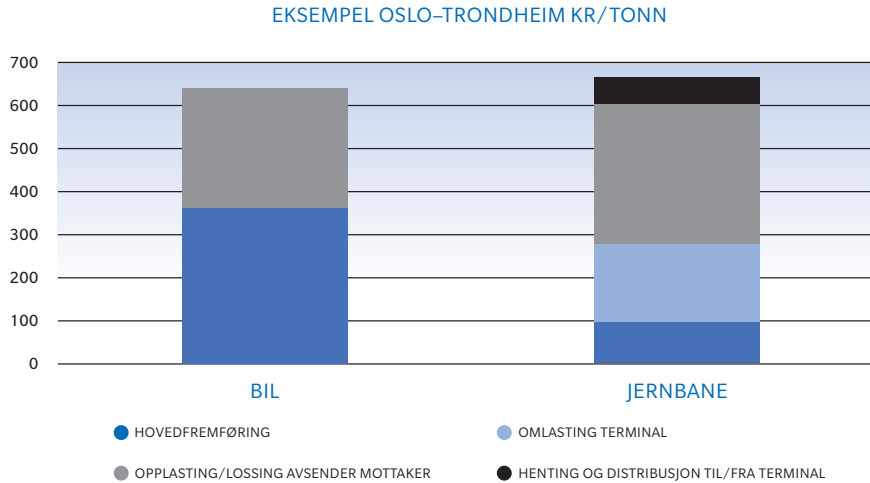
Bil dør til dør:

- Semitrailer, utnyttelse 19 tonn. I hviletid påløper bare tidsavhengige kostnader.
- Lasting/lossing konvensjonelt – (paller)

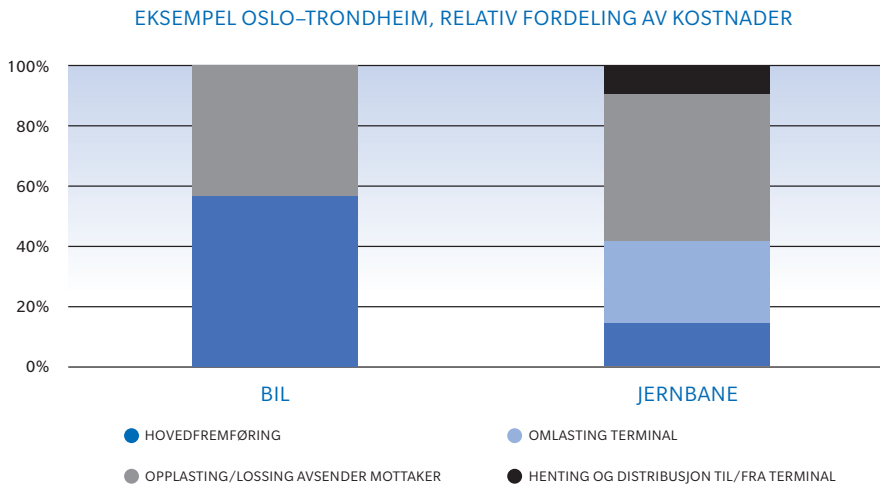
Bil–tog–bil:

- Containertransport
- Toglengde 480 m, tog Alnabru–Brattøra
- Utnyttelse 9,5 tonn per teu
- Distribusjonsbil for container, 1 teu. Distribusjonsavstand/henteavstand: 20 km

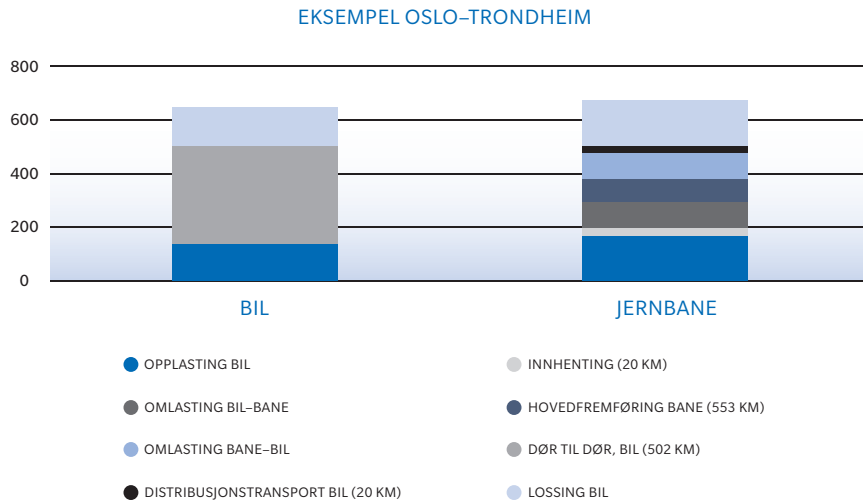
Forutsetningene er basert på observasjon og målinger. Figur 9.2 viser kostnadsfordelingen i kr/tonn for de to alternative kjedene. Figur 9.3 viser det samme, men som prosenter hvor kjedekostnadene for hver kjede er satt til 100 %. Figur 9.4 viser en mer detaljert oppdeling av kostnadene per tonn.



**FIGUR 9.2** Kostnader i transportkjeden for to alternativ Oslo–Trondheim. Kostnadene er i kroner per tonn



**FIGUR 9.3** Kostnader i transportkjeden for to alternativ Oslo–Trondheim, kostnadsfordeling per tonn i % av hele transportkostnaden for den enkelte kjede



**FIGUR 9.4** Kostnader i transportkjeden for to alternativ Oslo–Trondheim – detaljert oppdeling. Kostnadene er i kroner per tonn

Her ser vi at med de gitte forutsetningene er kostnadene for de to alternativene tilnærmet like, med marginalt høyere kostnader for jernbane enn for veg. Her er forskjellene så små at selv mindre endringer i distribusjonsavstandene fra jernbaneterminalene kan påvirke konkurranseforholdet. Det må understrekes at dette bare er et eksempel, og endringer i de ulike forutsetningene vil generelt kunne endre på konkurranseforholdene. I eksemplet ovenfor inngår heller ikke alle de kostnadene som er tatt med i modellen, spesielt er ikke tidskostnader for godset vist.

## 9.5 ERFARINGER VED BRUK AV MODELLEN

NGM har vært anvendt i en rekke prosjekter siden 2012, noe som har medført at man har opparbeidet seg mye erfaring i bruken.

Hansen mfl. (2017) gjengir flere eksempler og hvilke tilpasninger som er gjort i modellen i de ulike tilfellene:

Bruk	Tilpasning i modellen
<p><b>KVU – ny godsterminal Oslofjordområdet:</b> Konsekvenser av alternative lokaliseringer av jernbaneterminaler; effekter av stenging av terminaler, effekter av lavere kostnader for nye terminaler, eventuelt oppgradering av eksisterende. Ca. 30 ulike scenarier (+ følsomhetsanalyser)</p>	<p>Nye terminaler lokalisert i nettverket. Åpning av alternative terminaler for varegrupper som kan benytte kombitransporter. Tilpasning av transferkostnader til nye forutsetninger for effektiviserte terminaler.</p>
<p><b>KVU – ny godsterminal Bergen:</b> Konsekvenser av alternative lokaliseringer av jernbaneterminaler; havner og ulike konseptvalg (integreerte og separate terminaler sjø–jernbane).</p>	<p>Nye terminaler lokalisert i nettverket. Åpning og lukking av alternative jernbaneterminaler og havner.</p>
<p><b>NTP godsanalyse – strukturanalyse:</b> Konsekvenser av alternative terminalstrukturer (betydelig antall alternative scenarier, mer enn 30).</p>	<p>Nye terminaler lokalisert i nettverket. Åpning og lukking av alternative jernbaneterminaler og havner.  Alternative kostnadsforutsetninger for havner og jernbaneterminaler</p>
<p><b>NTP godsanalyse – analyse av virkemidler:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 750 og 1.000 meters tog</li> <li>• Økt maksimal hastighet på dobbeltspor til 120 og 160 km/t</li> <li>• Høyere prioritet for godstogene på jernbanen</li> <li>• Elektrifisering av Solør- og Rørosbanen</li> <li>• Innføring av modulvogntog</li> <li>• Effekt av økt drivstoffavgift og økt kilometeravgift</li> <li>• EUs indre marked åpnes også for lastebiltransport i EØS-området</li> <li>• 20 % raskere framføring på hovedrelasjonene uten endret brukerbetaling</li> <li>• Tilsvarende i. men hvor brukerbetalingen økes med 20 %</li> <li>• Losberedskaps-avgiften opphører og utgiftene dekkes av staten</li> <li>• Alternativt at loskostnadene reduseres med 50 %</li> <li>• Driften av trafikksentralene dekkes over statsbudsjettet</li> <li>• Miljøtilskudd på 500–1000–2000 NOK pr container som fraktes med sjø eller bane</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostnadsmodellen tilpasset til lengere tog</li> <li>• Toghastighet endret på de aktuelle togstrekningene</li> <li>• Simulert ved å gi en gjennomsnittlig hastighetsøkning på jernbanenettet for godstog</li> <li>• Status for Solør- og Rørosbanen endret fra diesel-strekninger til elektrifiserte strekninger</li> <li>• Riksvegnettet åpnet for modul-vogntog</li> <li>• Simulert ved økninger i drivstoffkostnad per liter og ved økte km-kostnader for bil</li> <li>• Simulert ved lavere nivå på sjåførlønninger</li> <li>• Simulert ved raskere hastighet på riksvegnettet for bil</li> <li>• Simulert ved raskere hastighet på riksvegnettet for bil, med økt brukerbetaling i form av økt diesel-avgift</li> <li>• Fjerning av losberedskaps-avgiftene.</li> <li>• Halvering av losberedskaps-avgiftene.</li> <li>• Fjerning av brukerbetaling av trafikksentralene</li> <li>• Simulert ved at miljøtilskuddet omregnes til en tilsvarende reduksjon i terminal-kostnader</li> </ul>

Bruk	Tilpasning i modellen
<p><b>Godsstrategi, NTP godsanalyse:</b> Effekt av jernbanetiltak:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Økte tog lengder</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrifisering av Rørosbanen og Solørbanen</li> <li>• Bedre prioritet for godstog alle strekninger</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• For strekningen Sande–Gjerstad økes gjennomsnittshastigheten til 110 km/t</li> <li>• Ny terminal er åpnet i Grenland</li> </ul> <p>Endringer for tilsving for tømmer og Kongsvinger</p> <p><i>Effekt av sjøtiltak:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fjerning av losberedskapsavgift, tilskudd til drift av containerskip og terminalhåndtering av containergods innenfor en ramme på ca. 250 mill. kr</li> </ul> <p><i>Effekt av vegtiltak:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utbygging av motorvegplan</li> <li>• Modulvogntog kan benyttes på motorvegstrekningene</li> </ul> <p><i>Samlet effekt av alle tiltak samtidig</i></p>	<p>Simulert ved at følgende forutsetninger er endret i modellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Økte tog lengder for kombitog og vognlasttog til 750 m, økte tog lengder for tømmer og tømmerog til 850 m</li> <li>• Rørosbanen og Solørbanen endret til elektriske nett</li> <li>• Økt prioritering ved økning av gjennomsnittshastighet alle strekninger med 10 km/t og strekning Sande–Gjerstad har fått økt hastighet til 110 km/t</li> <li>• Åpning av ny terminal Eidanger</li> </ul> <p>• Effekt av tilsving modellert med tidsreduksjon mellom de to passeringspunktene</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fjerning av losberedskapsavgiften i kostnadsmodellen, tilskudd på 10 kr/km på 5200 dwt containerskip og 15 kr/km på 8500 dwt skip, reduksjon i terminalkostnader med 10 kr/tonn</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vegnettverket tilpasset forutsetningene</li> <li>• Alle endringer for sjø, jernbane og veg er lagt inn samtidig</li> </ul>
<p><b>Godsstrategi (JBV)</b> Separate tiltak:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ny terminal Hauer seter</li> <li>• Ny terminal Rudshøgda</li> <li>• Elektrifisering Hamar–Elverum–Kongsvinger + tilsving</li> <li>• Økt terminaleffektivitet</li> <li>• Lengre godstog</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ny terminal lagt inn, Hauer seter kombi og tømmer</li> <li>• Ny terminal Rudshøgda tømmer</li> <li>• Tilpasning nettverk til elektrifisering og redusert tid pga. tilsving</li> <li>• 25 reduksjon i terminalkostnader samtlige terminaler</li> <li>• Økt lengde for godstog til 650 m</li> </ul>

Generelt er analysene utført ved at man sammenligner modellkjøringer med innlagte tiltak mot modellkjøringer for en referansesituasjon. På denne måten kan man se systemeffekter av endringene. Med det mener vi at vi får effektene nasjonalt, inklusiv import og eksport av endringene i transportsystemet, og ikke bare lokale endringer. Nytteeffektene kan beregnes delvis ved at vi får nytten for næringslivet beregnet som reduksjoner i næringslivets logistikkostnader. Ved at beregningene tar for seg kostnadene i logistikkjedene totalt sett, blir ikke fordeling av overskudd mellom transportører og transportkjøpere relevante for den totale nytten.

Andre viktige nøkkeltall for beregning av nytteeffekter er tonn-km-fordeelingen mellom transportmodi og ulike hovedgrupper av transportmidler. Disse beregnes på en effektiv måte. I forbindelse med prosjektet KVU nye terminaler Oslofjorden (Madslie, 2019) har TØI benyttet et regnearkssystem hvor resultatfilene fra modellkjøringene kan limes rett inn og bortimot sømløst beregne samfunnsøkonomisk nytte (Caspersen mfl., 2015).

De generelle erfaringene fra alle disse modellkjøringene er at modellen fungerer logisk i forhold til hva som kan forventes ut fra transportøkonomisk og logistisk fagkompetanse. I de situasjonene hvor brukere har oppfattet enkeltresultater som ulogiske, har det vist seg at dette skyldes manglende innsikt i transportøkonomi, for eksempel skalafordeler ved økt konsolidering av varestrømmer, og ikke feil i programlogikken. Et eksempel på dette er scenarier fra godsanalysen hvor direkte tilskudd til terminaler medførte økte volumer på sjø, noe som igjen ga bruk av større skip og lavere enhetskostnader for denne delen av skipstransporten, med det resultat at næringslivet fikk mernytte ut over de rene tilskuddene.

Dette betyr naturligvis ikke at modellene er perfekte, en modell vil alltid være en forenkling av virkeligheten, og det vil derfor alltid være behov for videreutvikling. De viktigste erfaringene med hensyn til utviklingsbehov fra de prosjektene som er gjengitt i tabellen, er (Hansen mfl., 2017):

- Generelt er det behov for forenklinger i brukergrensesnitt, ikke minst for brukere som benytter programmene i dos-versjonen. Per i dag krever bruken god kompetanse og god innsikt både i brukerbeskrivelse, teknisk beskrivelse og erfaring fra hvordan programmet virker på detaljnivå.
- Behov for enklere grensesnitt mellom modellresultater og samfunnsøkonomiske beregninger.
- Behov for mer detaljert havnestruktur i enkelte områder.
- Behov for å kunne differensiere tog lengder også mellom ulike strekninger i tillegg til dagens differensiering på togtyper.
- Behov for mer finmasket løsning for tilførselsveier til vegnettet for modulvogntog.
- Behov for mer utviklede pedagogiske verktøy, for eksempel kurs eller mer beskrivende materiale, til brukere som er mer ukjent med logistiske og transportøkonomiske sammenhenger i godssektoren. Dette samme gjelder tiltak for økt forståelse av transportstatistikk innenfor godssektoren.

Flere av disse forslagene er gjennomført siden (Hansen mfl., 2017) la frem sin rapport, blant annet bedre grensesnitt til samfunnsøkonomiske beregninger,

noe mer detaljert havnestruktur, differensierte tog lengder på ulike strekninger og også noe mer detaljerte vegnettverk.

I arbeidet med en KVVU for fremtidig terminalstruktur i Oslofjord-området benyttes modellen til konsekvensberegninger av en rekke ulike konseptalternativ, i kombinasjon med mange følsomhetsanalyser for de viktigste konseptene. I rapporten som beskriver resultatene fra disse analysene (Grønland, 2019), pekes det blant annet på at enhver modell per definisjon har usikkerhet knyttet til beregningene. De viktigste i denne sammenheng er gjengitt i den andre punktlisten i kapittel 3. I tillegg kan det nevnes at det i modellen forutsettes at de ulike bransjene som er knyttet til de enkelte varegrupper, har en relativt uendret struktur og lokalisering av produksjonsanlegg og varelagre. Ved så vidt lange tidshorisonter som det her lages prognoser for, vil disse forutsetningene ha en stor grad av usikkerhet. Dette betyr i praksis at de ikke endres dynamisk, men ved større endringer må disse implementeres ved endringer i PWC-matrisene.

I Mjøsund mfl. (2019) har modellen vært benyttet i forbindelse med en nordisk godsanalyse. Flere ulike scenarier er blitt konsekvensberegnet med modellen:

- Dagens tilskudd til sjøfart i Norge
- Økt tilskudd til sjøfart i Norge
- Effekter av Eurovignette mellom Norge og Sverige
- Kombinasjon av tiltakene over
- Reduserte havneknudnader i Norge, Sverige og Danmark
- Økte avgifter på semitrailere og modulvogntog i de nordiske land
- Økte lengder for godstog inn og ut av Norge
- Effekten av Fehmarn-forbindelsen mellom Tyskland og Danmark
- Effekten av Nordic Link (jernbane/fergeovergang i Hirtshals)
- Kjørevegsavgift for jernbane

For resultatene av modellberegningene viser vi til (Mjøsund mfl., 2019).

## 9.6 AVSLUTNING

Den norske godstransportmodellen er i utgangspunktet en ADA-modell. Den store tyngden av beregningene skjer på disaggregert nivå (varestrømmer mellom soner) hvor man først tilordner optimale omlastingspunkter i nettverket for hvert av de kjedealternativene som kan være aktuelle for denne transporten. Deretter optimaliseres hvert av kjedealternativene kostnadsmessig med hensyn til skipningsstørrelser og valg av transportenheter innenfor hver

transportmodus. De siste beregningene gjøres i en del tilfeller iterativt for å ivareta effekten av konsolidering med andre forsendelser på samme transportenhet.

Erfaringene fra bruk er at modellen viser et forholdsvis godt samsvar med historiske data hentet ut fra transportstatistikkene, spesielt er samsvaret godt på terminalnivå. En forklaring til dette er god kvalitet på de underliggende basismatrisene for de 39 ulike varegruppene. Videre er det et resultat av en omfattende kvalitetssikring og kalibreringsprosess. I tillegg indikerer samsvar mellom beregnet transport basert på optimalisering og faktisk transport, at atferdsforutsetningen i modellen om at beslutningstakerne er rasjonelle og prøver å minimalisere sine logistikkostnader, er rimelige. Naturligvis er ikke alle beslutningstakerne i bedriftene like gode til å optimalisere, men antagelig er det allikevel en høy grad av rasjonalitet.

Videre utvikling av modellen kan gå i flere dimensjoner. En retning er videreutvikling av strekningsdifferensierte tog lengder for jernbane, og videre utvikling av moduler for kapasitetsbegrenset tilpasning av transportmønsteret i egne casestudier. En annen retning kan være å internalisere i modellen en del av effektene for utslipp og ulykker. Nye transportenheter som gir nullutslippsløsninger, er ganske sikkert noe som må implementeres og utvikles videre. For analyser av effekten av nullutslippskjøretøy vil det for eksempel være nødvendig å endre kjøretøy, drivstofforbruk/energibærer og derved utslipp, eller endre nettverk for eksempel for å avgrense nullutslippssoner. I tillegg ligger det flere muligheter som diskutert i kapittel 5. Generelt vil det alltid være behov for videreutvikling av varestrømsmatriser og kostnadsfunksjoner etter hvert som tiden går, og det er viktig at vi i Norge fortsetter å styrke den gode posisjonen vi har innenfor godstransportmodeller, ikke minst med henblikk på de større endringer i transportbildet som må forventes i tiden fremover.

## REFERANSER

- Caspersen, E., Wangsness, P., Østli, V. & Madslie, A. (2015). *Dokumentasjon Godsnyttmodellen*. TØI-rapport 1446/2015.
- de Jong, G., Tavasszy, L., Bates, J., Grønland, S.E., Huber, S., Kleven, O., ... Schmorak, N. (2016). The issues in modelling freight transport at the national level. *Case Studies on Transport Policy*, 4(1), 13–21.
- de Jong, G., Grønland, S.E., Ben-Akiva, M. & Baak, J. (2013). *Method Report. Logistics Model in the Norwegian National Freight Model System*. (Version 3) Significance.
- de Jong, G., Grønland, S.E., Ben-Akiva, M., van der Voort, M. & Graafland, I. (2005). *The Development of a Logistics Module in the Norwegian and Swedish National Freight System*. Leiden: Rand Europa and SITMA.



- de Jong, G., Grønland, S.E., Ben-Akiva, M. & Florian, M. (2008). *Specifications of a Logistics Model for Norway and Sweden*. Strasbourg: European Transport Conference.
- Grønland, S.E. (2015). *Godstransport. Konkurransen og avstand* (Underlag til arbeidsgruppe virkemidler, NTP godsanalyse). SITMA-rapport 1/2015.
- Grønland, S.E. (2018). *Transportmodeller for transport og logistikk. Basisår 2016*. TØI-rapport 1638/2018.
- Grønland, S.E. (2019). *Transportanalyser. KVVU-terminaler Oslofjorden*. SITMA-rapport 2/2019.
- Grønland, S.E., Berg, G., Bø, E. & Hovi, I.B. (2014). *Kostnadsstrukturer i godstransport. Betydning for priser og transportvalg*. TØI-rapport 1372/2014.
- Hansen, W., Madslie, A., Grønland, S.E., Hovi, I.B. & de Jong, G. (2017). *Vurdering av det nasjonale modellsystemet for godstransport*. TØI-rapport 1559/2017.
- Hovi, I.B. (2018). *Varestrømmer i Norge. En komponent i Nasjonal godstransportmodell*. TØI-rapport 1628/2018.
- Hovi, I.B., Grønland, S.E. & Madslie, A. (2013). *Development of an Improved Decision Support Tool for Freight Transport Planning in Norway*. European Transport Conference (ETC), Frankfurt.
- Madslie, A. (2019). *Samfunnsøkonomiske analyser – KVVU Godsterminalstrukturen i Oslofjordområdet*. TØI-rapport 1745/2019.
- Madslie, A., Steinsland, C. & Grønland, S.E. (2015). *Nasjonale godstransportmodell. En innføring i bruk av modellen*. TØI-rapport 1429/2015.
- Mjøsund, C., Pinchasik, D., Grønland, S.E. & Hovi, I.B. (2019). *Nordiske virkemidler for overføring av godstransport fra veg til sjø og bane*. TØI-rapport 1706/2019.
- Tavasszy, L.A. (2006). *Freight Modelling. An Overview of International Experiences*. TRB Conference on Freight Demand Modelling. Tools for Public Sector Decision Making. September 25–27, 2006, Washington, D.C.
- Tavasszy, L.A., Smeenk, B. & Ruijgrok, C. (1998). A DSS for modelling logistic chains in freight transport policy analysis. *Intelligent Transportation Operational Research*, 5(6), 447–459.

