

Sammendrag:

NEMO

Nettverksmodell for godstransport innen Norge og mellom Norge og utlandet

I april 2001 ga NTP¹ – Tverretattlig prosjektgruppe for transportanalyser TØI – i oppdrag å utvikle en ny versjon av Nettverksmodell for godstransport innen Norge og mellom Norge og utlandet (NEMO). SINTEF har utført deler av arbeidet på oppdrag fra TØI. I denne rapporten beskriver vi hvordan metoder og data ble brukt i arbeidet med å etablere den nye versjonen av NEMO.

Den nye versjonen av NEMO representerer dagens transportvolumer av 11 varegrupper på lastebil, båt og tog i de ulike delene av det norske transportnettet og mellom Norge og andre land. Modellen består av to STAN-databanker² med representative nettverk for tidsrommet rundt år 2000. En databank skal representere innenlandske godsstrømmer (Innenlandsdel), og en databank skal representere godsstrømmer ut av Norge og inn i og mellom land som mottar og sender varer fra og til Norge (Utenlandsdel).

Soneinndelingen i innenlandsdelen av NEMO er basert på kommuneinndelingen i Norge slik den forelå i 1999, dvs 435 soner. Sonene i modellen bindes sammen av et transportnettverk. Nettverket i utenlandsdelen ble laget med utgangspunkt i STEMM-nettet (Wahl et al., 1998) som så ble knyttet sammen med det norske nettverket fra NEMO, der de 42 utenlandssonene i praksis fungerer på samme måte som kommunesonene.

Transport fra fastlandet til Kontinentalsokkelen (fortrinnsvis supply til Nordsjøen) og transport fra Kontinentalsokkelen til ilandføringskommuner i Norge eller utenlandssonene (fortrinnsvis olje- og gass og pelagisk fisk) er ikke med i verken innenlandsdelen eller utenlandsdelen av NEMO. Det er heller ikke transport til og fra Svalbard (fortrinnsvis kull). Det er allikevel slik at transport av varer til Kontinentalsokkelen og Svalbard er med i modellen frem til siste kommune før de sendes til Kontinentalsokkelen. Også den videre transporten av varer fra

Kontinentalsokkelen og Svalbard fra ilandføringssteder i Norge er med i modellen.

NEMO kan beregne kortsiktige virkninger av endrede transportkostnader, og i kombinasjon med Prognosemodellen for regionale og interregionale og godstransporter, PINGO (Ivanova, Vold og Jean-Hansen, 2002), kan den brukes for mer langsiktige basisprognoser og virkninger av tiltak. Basert på erfaringer så langt mener vi at den nye versjonen av NEMO vil være egnet til:

- Å trekke ut data for utkjørte tonn og tonnkilometer på nasjonalt nivå og et nivå der vi deler transportstrømmene innen og mellom tre innenlandske regioner (Østlandet, Sør og Vestlandet og Nord-Norge) for de 11 varegruppene i basisåret (1999). Modellen er også egnet til å trekke ut data for transportmiddelfordelingen for hver varegruppe og distansefordelinger som viser hvor store andeler av hver varegruppe som faller inn i ulike distanseintervall i basisåret.
- Å analysere virkninger på transportmiddelfordelingen på nasjonalt nivå og innen og mellom de tre innenlandske regionene ved endret dieselaygift.
- Å analysere hvor mye overgang til sjøtransport man får ved å redusere avgiftene ved sjøtransport.
- Å analysere endringer i transportbrukernes kostnader ved en omorganisering av havnestrukturen i Oslo-fjorden.
- Å analysere virkningen i det norske transportnettet av endret etterspørsel etter norske varer i en eller flere av utenlandssonene som er representert i NEMO.
- Å analysere virkningen i det norske transportnettet av endringer i import til Norge fra en eller flere av utenlandssonene.

Basert på erfaring mener vi også at usikkerheten i den nye versjonen av NEMO vil være for stor for de fleste formål på kommunenivå. Modellen vil for eksempel være lite egnet for å vurdere effektene av en bomring rundt Fredrikstad. Den vil heller ikke egne seg for å analysere kapasitetsutnyttelse på enkelte veglenker.

¹ Nasjonal TransportPlan 2006 - 2015

² STAN er en interaktiv programpakke for transportplanlegging spesielt designet for nasjonal og regional strategisk analyse og planlegging av godstransport med omlasting mellom transportmidler for et utvalg varegrupper (INRO, 2001).

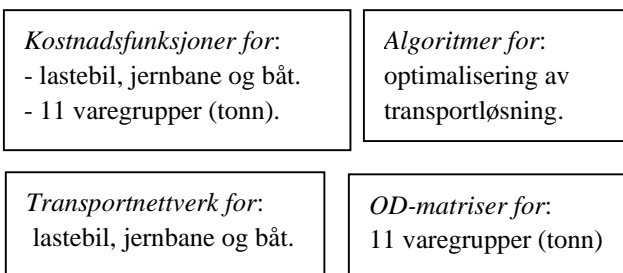
Hovedstruktur

NEMO består av fire hovedelementer:

- 1) Et nettverk som representerer lenker og knutepunkt i infrastrukturen for veg, sjø og jernbane.
- 2) Kostnadsfunksjoner som representerer kostnader knyttet til godsframføring på lenker og i knutepunkter.
- 3) Årlige godsstrømmer mellom par av kommuner og mellom kommuner og utlandet fordelt på 11 aggregerte varegrupper.
- 4) Optimaliseringsalgoritmer som sikrer at den transportløsningen som velges minimerer summen av de samlede transportkostnadene i systemet.

Referanseåret i NEMO er 1999, men sammen med PINGO (Ivanova, Vold og Jean-Hansen, 2002) kan godsstrømmene fremskrives til et hvilket som helst år.

NEMO Nasjonal delmodell Internasjonal delmo-



Figur 1. Skjematisk representasjon av NEMO.
TØI rapport 581/2002.

Varegrupper

En viktig del av arbeidet med utvikling av ny versjon av NEMO var å komme frem til en inndeling av varer i et sett av varegrupper. Ut i fra hensynet til (1) at varegruppene svarer til næringsgrener som vi anser det for interessant å gjennomføre analyser for, (2) om varene internt i varegruppene har tilnærmedesvis de samme krav til transportkvalitet (og derved transportkostnader), (3) om eksisterende grunnlagsdata gjør det mulig å lage OD-matriser basert på varegruppeinndelingen, og (4) et kriterium om at andelen av hver varegruppe skal variere minst mulig med hensyn til produktionssted valgte vi følgende 10 varegrupper til bruk i ny versjon av NEMO:

1. Matvarer
2. Fisk, fersk
Fisk, frossen
3. Termovarer

4. Transportmidler/maskiner
5. Diverse stykkogods
6. Tømmer og trelast
7. Mineraler i steinprodukter
8. Kjemiske produkter
9. Malmer og metallavfall
10. Flytende bulk

I både Innenlandsdelen og Utenlandsdelen er det vare- og transportmiddelspesifikke kostnadsfunksjoner for i alt 10 varegrupper, der varegruppen fisk kan splittes i to grupper slik at det til sammen blir 11 varegrupper. I rapporten opererer vi noen ganger med kun 10 varegrupper når vi omtaler statistiske data der fisk ikke er splittet i fersk og frossen vare. Når varegruppen fisk splittes er fersk og frossen fisk henholdsvis varegruppe 2 og 11.

Vi anser denne inndelingen for å være god ut i fra mange hensyn. Vi mener den er relevant i mange anvendelser. Både matvarer, fisk, termovarer (matvarer som har kjøle- eller frysebehov under transport), tømmer og trelast, og flytende bulk er alle varer med spesielle krav til transportkvalitet. Kjemiske produkter og flytende bulk er varer som kommer inn under regler for farlig gods. Fordi våre datakilder katalogiserer varer ulikt, har det vært nødvendig å klassifisere varene i hver av katalogene i henhold til varegruppene vi kom frem til.

Kostnadsfunksjoner

Kostnadsfunksjonene i NEMO defineres som en del av STAN-databankene for innenlandsdelen og utenlandsdelen. For hvert kommunepar eller kommune og utenlandsone beregner NEMO billigste multimodale transportrute på grunnlag av kostnadsfunksjonene.

Kostnadsfunksjonene uttrykker transportkjøpers samlede kostnader knyttet til transport av gods mellom et start- og et målpunkt. Vi har tatt utgangspunkt i at transportkjøpers transportkostnader består av to hovedkomponenter:

- Operative kostnader (herunder transportørens tids- og distanseavhenge kostnader og kostnader knyttet til lasting, lossing og omlasting).
- Kvalitative kostnader (Vareeiers ikke-operative kostnader knyttet til forsinkelser, transporttid, ventetid ved frekvensavgang, degradering for ferskvarer og faktorer som representere de ulike transportmidlenes egnethet for ulike varegrupper).

Kostnadsfunksjonene i både Innenlandsdelen og Utenlandsdelen av den nye versjonen av NEMO følger strukturen som ble valgt i den svenske modellen (Lundin, 1998 og 1999). Men endringer er gjort for tilpasning til norske forhold. I tillegg til å innhente data fra eksiste-

rende datakilder for operative kostnader og kvalitetskostnader, ble det gjennomført en terminalkostnadsundersøkelse for også å tallfeste kostnader knyttet til omlasting i terminaler (Lervåg et al., 2001).

Lastebil

Den distanseavhengige kostnaden for innenlandsk lastebiltransport er basert på anslagene i SSBs rapport Energi- bruk og utslipp til luft fra transport i Norge 97/7 og SIKA-rapport 5/1999, mens tidskostnadene etter varegruppe for lastebiltransporter er basert på grunnlag av SSBs Kostnadsindeks samt Lastebiltellingen fra 1998-2000. Opplysninger om faktiske takster for bomstasjoner innenriks fratrukket eventuelle rabatter har vi fått fra Vegdirektoratet. Informasjon om gjennomsnittlige fraktpriser for lastebiltransport fra Lastebiltellingen (der både operative (tids- og distanseavhengige) kostnader og terminalkostnader) inngår ble sammenlignet med tids- og distanseavhengige operative kostnader for en gjennomsnittstur fra kostnadsfunksjonene. Det viste seg at kostnadsnivået i kostnadsfunksjonene og fraktprisene samvarierte meget bra.

De distanseavhengige kostnadene knyttet til utenrikskjøring er beregnet med utgangspunkt i SSBs kostnadsindeks og turdata fra Lastebiltellingen for den del av utenrikstransporten som finner sted på norsk område. Den tidsavhengige kostnaden pr tonn og time, for kjøring til og fra utlandet, er betydelig lavere enn for innenriks kjøring, noe som i hovedsak kan forklares ut fra høyere driftstid, høyere gjennomsnittslast pr tur og høyere gjennomsnittlig hastighet.

Sjøfart

For å beregne de distanse- og tidsavhengige kostnadene for innenriks sjøfart har vi i henhold til sjøfarttellingen 1993 beregnet vekter for hvor stor andel av hver varegruppe som ble transportert med de ulike skipstypene. Vi har forutsatt at hver varegruppe ikke har hatt noen vesentlig endring av skipstype og konstruert et "standardskip" som vi har beregnet kostnader for.

Den tidsavhengige kostnaden for innenriks sjøtransport er basert på årlige regnskapstall for innenriks leie-transport i Norge som SSB publiserte årlig i NOS Sjøfartsstatistikk fram til 1996. Etter 1996 har vi kun opplysninger om kostnadskomponenter for innenriks sjøfart i alt, basert på Nasjonalregnskapsdata.

For egentransport kan vi ikke framskaffe eksplisitte kostnadsdata, da dette er kostnader som inngår i de enkelte bedrifters resultatregnskap. I følge NOS Sjøfartsstatistikk var det bare 16 aktive skip i innenriks egentransport, mens det var 357 aktive skip i innenriks leietrans-

port, noe som innebærer at en ikke begår store feil ved å anvende kostnadsdata fra innenriks leietransport også på skip i egentransport.

For utenriks sjøfart var datamaterialet dårligere enn for innenriks sjøfart. For å konstruere kostnadsfunksjoner for utenriks ferger tok vi utgangspunkt i frakttariffer fra 1999 fra Rutebok for Norge. For linjefart (rutegående sjøtransport mellom Norsk og utenlandsk havn) har vi ikke tilgang til verken kostnader eller frakttariffer eller gjennomsnittlig last pr tur. Det vi har valgt som løsning er at vi også her har benyttet de distanse- og tidsavhengige kostnadene som ble benyttet i første versjon av den internasjonale delversjonen av NEMO (Madslie et al. 2000b), men også her er kostnadene tilpasset den nye varegruppeinndelingen.

Fra Utenrikshandelsstatistikken har vi opplysninger om tonn i hhv import og eksport, der skip eller ferge var transportmiddelet som ble benyttet ved grensepassering. Sammen med de aktuelle avgiftene oppgitt av Kystdirektoratet og St.prp.nr.1 (2000-2001) fra Fiskeridepartementet og en fordeling av gebyrer på sum import og eksport kom vi fram til et gjennomsnittgebyr pr tonn transportert til eller fra Norge som vi har lagt til på siste lenke inn til havn ved import, og første lenke ut fra havn ved eksport.

Jernbane

På grunnlag av data fra NSB Gods for dieselpris og elektrisk strøm i 1999 beregnet vi gjennomsnittlige kilometeravhengige kostnader for all godstransport for innenriks og utenriks jernbanetransport. For jernbanetransport finnes ingen informasjon om hvordan utnyttelsesgraden varierer mellom lastbærere for ulike varer og forsendelser, slik at vi kan beregne varegruppespesifikke estimater på grunnlag av jernbanespesifikk statistikk. Her har vi derfor benyttet Lastebiltellingene 1998-2000, og beregnet hvordan kapasitetsutnyttelsen³ av kjøretøyet varierer mellom de ulike varegruppene for hhv innenrikstransporter som er lenger enn 30 mil og utenrikstransport, og korrigert kostnadskomponentene i henhold til dette. Ut fra varenes andel av all togtransport kunne vi nå beregne de distanseavhengige kostnadene ut fra totalt energi- og dieselforbruk for godstog i 1999, fra NSBs Energiregnskap. Med unntak av containertransport må NSB Gods betale en kjørevegsavgift til Jernbaneverket. Kjørevegsavgiften er knyttet både til lastemengde og vekten av rullende materiell. Dersom en beregner kjørevegsavgiften slik at det blir en gjennomsnittlig kostnad, uavhengig av produkt, kommer en fram til en gjennomsnittlig avgift pr tonn-

³ Kapasitetsutnyttelsen er målt ved lastvekt pr tur som andel av kjøretøyet sitt nyttelast.

kilometer på 0.012 kr/tonnkm som må legges til de distanseavhengige kostnadene.

Den tidsavhengige kostnaden for jernbane er beregnet på grunnlag av frakttarifene, ved å trekke den distanseavhengige kostnaden ut av frakttariffen minus høyeste rabatt. Dette er ikke en fullgod metode, da hele avanseleddet i dette tilfellet blir liggende i den tidsavhengige kostnadskomponenten. På den annen side er det kun et par år som driftsresultatet i NSB Gods har gått med overskudd, slik at det ikke vil være noen stor feil å anta at overskuddet for godstransport med jernbane er tilnærmet lik null.

Omlastingskostnader

Innenrikske og utenrikske operative kostnader for omlasting er basert på en terminalkostnadsundersøkelse utført av Lervåg et al (2001), der det estimeres omlastingskostnad fordelt på stykkgoods og partilast. Fra dette arbeidet bruker vi som hovedregel omlastingskostnaden for partilast for NEMO-varene som kan klassifiseres som bulkvarer og et gjennomsnitt av omlastingskostnadene for partilast og stykkgoods for NEMO-varene som kan klassifiseres som stykkgodsvare. I tillegg har vi enkelte varespesifikke korreksjoner, blant annet har vi brukt noe høyere kostnader for varegrupper som inneholder farlig gods. For beregning av transportørens tidsavhengige kostnader ved transportmidler bundet i terminal, er det antatt at det går med like lang tid til av som pålesning.

Kvalitetskostnader

Kvalitetskostnadene skal beskrive egenskaper ved en transporttjeneste som kan ha betydning for valg av transportløsning. Informasjon om forsinkelsesrisiko på lenker, ved grensepassering og ved omlastinger er innhentet fra den svenske modellen. I Lervåg et al.(2001) presenteres anslag på avgangsfrekvenser (per uke) for de ulike transportmidlene, og disse avgangsfrekvensene danner grunnlag for kostnader knyttet til ventetid ved avgang fra terminal.

Blant kvalitetskostnadene inngår også kapitalkostnader for varer som er under transport, der vareverdi pr tonn er hentet fra Utenrikshandelsstatistikken 1999. For fersk fisk og termovarer har vi også inkludert degraderingskostnader som representerer verditap når slike varer etter en viss tid vil tape kvalitet.

Vi bruker samme kvalitetskostnader i innenriks- og utenriksmodellen.

Parameter for egnethet

De operative lenkekostnadene i både innenriks- og utenriksdelen av NEMO ble multiplisert med en transport-

middel- og varespesifikk konstant som skal fange opp elementer med betydning for transportmiddelvalget som ikke er representert ved et eget ledd i kostnadsfunksjonene. Denne parameteren ble brukt som kalibreringsparameter slik at vi fikk overensstemmelse mellom transportmiddelfordelingen beregnet i NEMO og henholdsvis tellingene i innenriksdelen og utenrikshandelsstatistikken i utenriksdelen.

OD matriser for basisåret (1999)

Grunnlagsdata er innhentet og bearbeidet til OD matriser for hver varegruppe med respektive totale transportvolumer. Til innenlandsdelen ble grunnlagsdata for produksjon, innsatsfaktorbruk, varehandel og konsum innhentet. Disse ble først bearbeidet til å representerer total transport innen, inn i og ut av hver kommune i Norge for basisåret 1999. Videre ble de brukt i en gravitasjonsmodell for å bestemme OD-matriser for total transport av hver varegruppe mellom sendere og mottakere. For utenlandsdelen var det enklere å komme frem til OD-matriser, fordi det allerede er representert et OD-mønster for import og eksport av varer i Utenrikshandelsstatistikken.

OD-matrisene er definert slik at vi unngår overlapp mellom innenlandsk og utenlandsk transport. OD-matrisen for innenlandsk transport inneholder transport mellom alle par av kommuner i Norge. Dette inkluderer videre transport av import fra soner for fortolling og videre inn i det norske transportnettverket. OD-matrisen for utenlandsk transport inneholder transport av eksport fra produksjonssted i Norge til utlandet og import fra utlandet til tollsted i Norge, der utlandet er delt i 42 soner.

Av dette ser vi at de innenlandske OD-matrisene ikke inneholder transporten i det norske transportnettverket fra produksjonssted og ut av landet og heller ikke transporten i det norske transportnettverket for transporter til tollsted. Fordi mye eksport fra Norge sendes direkte ut med båt og fordi transporten inn til første tollsted er relativt liten i forhold til det totale antall transporter i Norge, vil den innenlandske matrisen allikevel være representativ for transport mellom kommuner i Norge.

Innenlandsk

Blant data for å generere de innenlandske OD-matrisene, har SSB levert grunnlagsdata fra Jordbruksstillingen og –statistikken, Industristatistikk (IS), varehandelsstatistikk (oppdelt på engross- og detaljhandel) og forbruksundersøkelsene for husholdninger for 1999.

Hver statistikk inneholder produksjon, kjøp og salg av varer. Det meste av datagrunnlaget er oppgitt i verdi, og må omregnes slik at vi får et entydig bilde av antall tonn

for hver av de 11 NEMO varene som transporteres og omsettes mellom og innen hver av de 435 kommunene i Norge og mellom Norge og utlandet.

For innenriks transport av fisk har vi imidlertid ikke slik detaljert informasjon som viser hvor mye av fiske-transportene som er fersk fisk og hvor mye som er frosen. Opplysninger om fisk som gjør at den kan inndeles i to grupper er innhentet fra Utenrikshandelsstatistikken. Videre er den transportmiddelspesifikke statistikken støttet med informasjon fra Fiskeridirektoratet.

For å få grep om varestrømmene inn i, innen og ut av kommunene tok vi utgangspunkt i informasjon fra statistikkene om produksjon, engrosshandel, detaljhandel, konsum, import og eksport for hver kommune. Det var mest hensiktsmessig å ta utgangspunkt i IS og deretter de andre statistikkene, fordi vi i IS finner en omregningsfaktor fra verdi til tonn for en del av statistikkgrunnlaget. For alle bedrifter innen både bergverk og industri i 1999 inneholder IS:

- Produksjonsverdi av industrivarer
- Salgsverdi av industrivarer
- Råvarekostnader til industrivareproduksjonen
- Salgsverdi av handelsvarer som er solgt av industribedriften
- Kjøpeverdi av handelsvarer som er solgt av industribedriften der alle tall er oppgitt i kroner eksklusive merverdiavgift for året 1999 og klassifisert i henhold til NSTR/2.

Fra varehandelsstatistikken har vi data for omsetningsverdien av salget som varehandelsbedrifter i ulike bransjer har hatt i 1999. Varehandelsnæringen er hovedsakelig oppdelt i undernæringene engrosshandel, agenturhandel og detaljhandel. Vi har slått agenturhandel sammen med detaljhandel og har dermed bare engross- og detaljistbedrifter.

Prisene beregnet ved hjelp av IS er utgangspunkt for prisene vi kommer frem til for engrosshandel og detaljisthandel. Beregningene avstemmes for alle varer slik at Sum Inn (alle varekjøp) + Sum intern (kjøpene foretatt av næringslivet og av konsumentene og som er forbrukt i kommunene) blir lik Sum Ut (varesalg fra varehandel og produksjonen innen vareproduserende næringer som er bergverk og industri og primærnæringene) korrigeret for eksport og import. Forbruket i kommunene (Sum Intern) har vi satt til det tonnsvolumet som handles i detaljhandelsleddet som et internt vareforbruk av befolkningen, næringsliv og offentlig sektor i kommunene. Kjøpene som er foretatt av private konsumenter er beregnet separat ut i fra befolkningstall og forbruksundersøkelsene for husholdninger, og videre sammenholdt med tall for varekonsumet i privat konsum i nasjonalregnskapet.

Vi ser av tabell I at det er både direkte kjøp til detaljhandel (utenom tilvarende engrosshandel for matvarer og for kjemiske produkter) på 1 mill tonn og dessuten et ikke ubetydelig direkte kjøp fra engrosshandel (28,8 mill tonn).

Utenlandsk

OD-matriser for Norges utenrikshandel er basert på SSB's Utenrikshandelsstatistikk fra 1999 som inneholder opplysninger om eksport og import i tonn etter vare og mottaks- eller avsenderland og fylke i Norge. Elementene i OD-matrisen representerer transport fra produksjonssted i Norge til mottakersone i utlandet og transporter fra sone i utlandet til første tollsted i Norge. Varegruppeinndelingen for import er den samme som for innenlands transport og eksport, men gruppen fisk er ikke gitt noen finere inndeling for import, slik det er gjort for eksport⁴.

Data til kalibrering

Eksisterende statistikk som grunnlag for å kalibrere NEMO omfatter i hovedsak Sjøfartstellingene og Lastebilteillingene til SSB. I tillegg har vi tall for transportstrømmer mellom relasjoner for jernbane.

Lastebilteillingene er utvalgstillinger hvor man registrerer turene til et utvalg kjøretøy, og så blåser opp tallene slik at de skal representere total lastebiltransport på nasjonalt nivå. Tellingene har vært gjennomført årlig siden 1993, og vi har benyttet informasjon fra samtlige tellinger i perioden 1993-2000, men totalnivået i matrisene er skalert slik at det samsvarer med nivået i 1999-tellingen.

Sjøfartstillingen (Godstransport på kysten, SSB 1995) inneholder kun data om *løsfarten* på kysten, og brukes sammen med en telling gjennomført av MARINTEK av lastmengder med rutefart (Ingebrigtsen et al 1997).

Fra NSB Gods har vi fått datamateriale basert på budsjettall for 2001 for transporterte enheter (altså ikke fordelt på varegruppe). NSB Gods mener at det kun har vært marginale endringer i struktur og volum for godsmengdene siden 1999. I arbeidet med å finne ut noe om varesammensetningen på tog, fikk vi vite av NSB Gods at Linjegods' forsendelser utgjør omtrent 20 prosent av transporterte containere. Linjegods er sannsynligvis den mest representative enkeltkunde mht varesammensetningen i containerne. Fra datamaterialet får vi ingen direkte varegruppeinndeling, men en kan bruke en tilnærming til vår gruppering ved å ta utgangspunkt i Linjegods produktkoder og varekategori.

⁴ Import av fisk til Norge kommer i det alt vesentlige med fiskefartøy inn til havn i Norge, mens ved eksport spesielt av fersk fisk, brukes i hovedsak lastebiltransport.

Tabell I. Varebalanseregnskap for hver NEMO-vare for 1999 i henhold til beregninger på grunnlag av næringsstatistikker (SSB), befolkning i kommunene, forbruksundersøkelser og varehandelsstatistikk (Kontinentalsokkelen er ikke med)

NEMO-vare	Industri input	Varekjøp	En-	Direkte	Eksport	Sum inn	Privat konsum	Kjøp av næringsliv	Sum intern	Industri produksjon	Salg industri	Salg engros-handel	Salg detaljhandel	Jordbruk, skogbruk og fisk	Importut	Sum	Differanse
			gross-handel kjøp	kjøp detaljhandel													sum inn + sum intern – sum ut
Matvarer	0,4	0,1	3,1	0,5	0,1	4,2	3,4	0,5	3,9	1,9	0,1	0,0	3,7	1,2	1,1	8,1	0,0
Fisk	0,4	0,1	2,4	0,0	1,7	4,6	0,1	1,8	1,9	0,8	0,1	2,5	0,0	2,8	0,3	6,5	0,0
Termovarer	3,5	0,5	1,5	0,0	0,1	5,6	0,2	1,0	1,3	2,4	0,4	0,9	0,0	2,7	0,5	6,9	0,0
Transportmidler /maskiner	1,0	0,1	2,8	0,0	0,3	4,1	0,2	2,5	2,7	2,9	0,1	1,8	0,9	0,0	1,0	6,8	0,0
Diverse stykk-gods	9,6	1,7	30,9	0,0	8,8	51,0	4,5	19,1	23,6	29,8	1,8	11,9	23,9	0,6	6,6	74,6	0,0
Tømmer og trelast	3,9	0,3	9,6	0,0	0,9	14,7	0,0	5,2	5,2	4,7	0,3	4,3	0,2	7,1	3,4	19,9	0,0
Mineraler i steinprodukter	7,5	0,3	0,0	0,0	15,8	23,6	0,0	16,2	16,2	32,8	1,6	0,0	0,0	0,0	5,4	39,8	0,0
Kjemiske produkter	2,4	0,4	0,8	0,6	9,4	13,6	0,9	0,5	1,4	9,8	0,4	0,0	1,4	0,0	3,4	15,0	0,0
Malmer og metallavfall	2,8	0,1	2,1	0,0	0,6	5,7	0,0	6,1	6,1	5,2	0,1	1,9	0,0	0,0	4,6	11,8	0,0
Flytende bulk	5,0	0,0	12,5	0,0	4,4	21,9	6,0	3,2	9,2	8,0	0,0	5,5	11,9	0,0	5,7	31,1	0,0
Alle varer	36,6	3,5	65,9	1,0	42,0	149,0	15,5	56,1	71,6	98,4	5,0	28,8	42,0	14,4	32,0	220,6	0,0

TØI rapport 581/2002

Matrisebalansering og kalibrering

For de innenlandske transportene brukes inndata for total transport av hver varegruppe inn i og ut av kommunene, og transportkostnader c_{ij} fra kostnadsfunksjonene for transport mellom alle kommuner, i en gravitasjonsmodell for å genereres OD-matriser for varegruppene. Vi betegner totale transporter inn i og internt i kommunene B_j og totale transporter ut av kommunene A_j . Gravitasjonsmodellen for å generere OD-matriser for hver vare med elementer t_{ij} for hvert kommunepar ij løser ligningssystemet

$$t_{ij} = \alpha_i \cdot \beta_j \cdot \exp(\gamma \cdot c_{ij}(\mathbf{p})) \quad \forall i, j$$

$$\sum_{i=1}^n t_{ij} = A_j \quad \forall j$$

$$\sum_{j=1}^n t_{ij} = B_i \quad \forall i$$

bestående av $n + n + n \cdot n$ ligninger med like mange ukjente, dvs. balanseringsparametere $\alpha_i, i = 1, \dots, n$, og $\beta_j, j = 1, \dots, n$ og elementene i OD-matrisen $t_{ij}, ij = 1, \dots, n$, der $n = 435$ (antall kommuner).

Kostnadene c_{ij} beregnes ved å kjøre STAN med en vilkårlig OD-matrise som input og beregne transportkostnadene mellom hvert OD-par. Dette fungerer fordi vi ikke har forsinkelser som følge av kapasitetsbegrensninger og fordi STAN tilordner all transport av varegruppene mellom to OD-par til den billigste transportruten - det er med andre ord ikke slik at transportene blir fordelt på forskjellige ruter. Transportkostnadene per tonn for en varegruppe i NEMO vil være uavhengig av hvilken OD-matrise for varegruppen som brukes som input. Mellom to kommuner blir all transport av den enkelte varegruppe lagt til den billigste transportkjeden. Gravitasjonsmodellen finner de ukjente ved hjelp av en itererende metode.

Vi anser den kommuneinterne transport i tellingene vi kalibrerer mot for å være de mest usikre fordi disse transportene er mest influert av transport med mindre biler som ikke er med i lastebiltellingen. For å kalibrere OD-mønstret i modellen valgte vi derfor å forholde oss til modell og tellinger med kommuneinterne turer fratrukket.

I første steg av kalibreringen av NEMO er målet å oppnå kostnadsfunksjoner slik at det blir overensstemmelse mellom kostnadene generert i modellen og faktiske fraktpriser. Videre i kalibreringsprosessen vurderer vi i hvilken grad data fra tellinger og offisielle transportindikatorer samsvarer med OD-matriser fra gravitasjonsmodellen og transportmiddelfordelingen vi får når vi bruker OD-matrisen fra gravitasjonsmodellen som input til NEMO.

Vi reduserte avviket mellom data fra tellinger og OD-matrisene fra gravitasjonsmodellen og avviket mellom data fra tellinger og transportmiddelspesifikke transportvolumer vi får ved å bruke OD-matrisene som input til STAN, ved å kalibrere vare- og transportmiddelspesifikke koeffisienter i kostnadsfunksjonene og parametere γ_i i gravitasjonsmodellen for hver varegruppe i .

Beregninger med NEMO i basisåret ble evaluert ved å sammenligne resultater fra den kalibrerte modellen og de data vi har kalibrert mot (Tabell II). Mønstret er åpenbart det samme, men det er selvfølgelig variasjoner som kan skyldes svakheter i både modell og datamaterialet.

For å evaluere gravitasjonsmodellen og NEMO på et mer disaggregert nivå, sammenlignet vi 3x3 OD-matriser mellom regioner i en tredeling av Norge (Østlandet (fylken⁵: 1-8), Sør- og Vestlandet (fylkenr: 9-15) og Nord-Norge (fylkenr: 16-20)) for all transport og all transport av hver varegruppe. Hvis vi summerer 3x3 matrisene for alle varegruppene får vi 3x3 OD-matriser for samlet godstransport mellom og innen regionene (Tabell III).

Herunder får vi at 79% av alle transportene er regionsinterne. Dette virker ikke urimelig når vi tar i betraktning at vi har relativt store regioner. Over halvparten av alle transportene går til eller fra Østlandsområdet. Det prosentvise avviket mellom beregninger med gravitasjonsmodellen og tellingene er gjennomgående størst på relasjoner der det er lite transport. Avvik på over 100% er stort, og viser at selv om vi har kalibrert modellen slik at både totalt antall tonn transportert, totalt antall tonnkilometer utkjørt og transportmiddelfordeling er nær tilsvarende størrelser fra tellingene så er dette langt fra noen garanti for at vi får overensstemmelse på mer disaggregert nivå.

Kalibrering av den Internasjonale delmodellen bestod i at vi for hver varegruppe estimerte transportmiddel- og varespesifikke konstanter slik at transportmiddelfordelingen beregnet med NEMO ble i samsvar med den korresponderende transportmiddelfordelingen avledet fra Utenrikshandelsstatistikken.

STANs grafiske presentasjonsmodul gir en alternativ og atskillig mer detaljert fremstilling av varestrømmene for hver av varegruppene enn 3x3 matrisene, men det er vanskeligere å lese ut av plottene de totale varestrømmene mellom regionene (Figur II).

⁵ Fylkenumre: (1) Østfold, (2) Akershus, (3) Oslo, (4) Hedmark, (5) Oppland, (6) Buskerud, (7) Vestfold, (8) Telemark, (9) Aust-Agder, (10) Vest-Agder, (11) Rogaland, (12) Hordaland, (14) Sogn & Fjordane, (15) Møre & Romsdal, (16) Sør-Trøndelag, (17) Nord-Trøndelag, (18) Nordland, (19) Troms, (20) Finnmark.

Tabell II. Totalt antall tonn transportert, antall tonnkilometer og gjennomsnittlig transportdistanse basert på summen av all transport med de tre transportmidlene lastebil, båt og tog, basert på tellinger og inndata til NEMO for estimerte verdier for γ for hver varegruppe.

	Matvarer	Fersk fisk	Ter-mova-rer	Trans-portmidler /maskiner	Diverse stykk-gods	Tømmer og trelast	Mineraler i stein-produkter	Kjemiske produkter	Malmer og metallav-fall	Flytende bulk	Frossen fisk	Sum
Tellinger (1000 tonn)	8 091	742	6 199	3 534	37 673	9 252	30 614	3 918	2 335	11 610		113 969
Inndata til NEMO (1000 tonn)	5 839	1 141	5 081	2 982	40 101	9 978	27 442	3 296	1 918	13 706	770	111 950
Tellinger (mill. tonnkkm)	1 197	293	837	344	7 340	1 206	2 878	766	515	4 073		19 449
Inndata til NEMO (mill. tonnkkm)	974	187	931	435	7 415	1 301	4 111	663	590	3 979	185	20 771
Gj.snittl. transp.dist (km) basert på tellinger (tonnkkm/tonn)	148	395	135	97	195	130	94	195	221	351		171
Gj.snittlig transp.dist i km i NEMO (tonnkkm/tonn)	167	164	183	146	185	130	150	201	308	290	240	186
γ	0,006	0,009	0,014	0,02	0,003	0,08	0,07	0,008	0,09	0,006	0,009	

TØI rapport 581/2002

Tabell III. OD-matriser basert på gravitasjonsmodell og tellinger med samlet transport for alle varegrupper (1000 tonn) mellom 3 regioner.

Alle varer Modell	Til-region				Andel regionsinterne
	Fra-region	1	2	3	
Østlandet fylke 1-8 1	55 988	9 729	1 238	66 955	84 %
Vestl. fylke 9-15 2	7 413	21 577	1 229	30 219	71 %
Nord-Norge 3	1 881	2 064	11 132	15 077	74 %
Sum	65 282	33 370	13 599	112 251	
Andel regionsinterne	86 %	65 %	82 %		79 %
Telling	Til-region				Andel regionsinterne
	Fra-region	1	2	3	
1	54 265	4 702	2 573	61 540	88 %
2	3 945	29 621	2 257	35 823	83 %
3	1 494	1 165	13 946	16 605	84 %
Sum	59 704	35 488	18 776	113 968	
Andel regionsinterne	91 %	83 %	74 %		86 %
100%* (Modelltelling)/ Telling	Til-region				Andel regionsinterne
Fra-region	1	2	3	Sum	
1	3.2	106.9	-51.9	8.8	
2	87.9	-27.2	-45.5	-15.6	
3	25.9	77.2	-20.2	-9.2	
Sum	9.3	-6.0	-27.6	-1.5	

TØI rapport 581/2002

Konklusjoner og forslag til videre arbeid

Resultatene viste at vi fikk godt samsvar mellom modell og data på nasjonalt nivå ved å kalibrere mot data på nasjonalt nivå. Videre evaluering mot 3x3 OD-matriser for transport mellom regioner i Norge viste at de relative avvikene hadde en størrelsesorden som tilsier at modellen har en nøyaktighet som for en rekke formål, f. eks vurdering kapasitetsutnyttelse på enkelte veglenker, ikke er god nok. Vi mener imidlertid at den nye versjonen er godt egnet for å analysere virkninger i OD-mønsteret og transportmiddelvalget av strategiske virkemidler (for eksempel avgifter eller kapasitetsendringer) eller endringer i andre inndata. Et annet bruksområdet oppstår dersom NEMO brukes sammen med Prognosemodellen for INterregional GODstransport (PINGO). En kort redegjørelse for dette er gitt i neste kapittel.

En videreutvikling av modellen med tanke på å bedre kalibreringsresultatet vil være å la nærdistribusjon og langtransport ha ulike kostnadsprofiler og/eller å inkludere flere transportmidler i modellen. Modellen kan finkalibreres for aktuelle områder eller man kan utvikle egne modeller for mindre geografiske områder.

Prognoser med PINGO og NEMO

Inndata til PINGO hentes fra nasjonale modeller som MODAG eller MSG, og transportkostnader på relasjoner og OD-matriser med de totale transportene av hver varegruppe i referanseåret fra NEMO.

PINGO (Ivanova, Vold and Jean-Hansen, 2002) fremstiller de totale OD-matrisene for hver varegruppe fra referanseåret 1999 med vekstrater for varetransportene mellom fylker som den beregner som en følge av eksogene forutsetninger om:

1. Demografiske endringer over tid.
2. Nasjonal økonomisk vekst
3. Endringer i handelen med utlandet
4. Endringer i transportnett på en eller flere lenker
5. Avgifter ved produksjon av varer, tjenester og/eller transport
6. Arbeidskraftsproduktivitet i produksjon
7. Lokalisering av spesielle typer produksjon
8. Subsidier og overføringer til konsumenter som kan være et viktig alternativ eller supplement for regioner med svakt inntjeningsgrunnlag fra produksjonsvirksomhet.

Inntekt gir grunnlag for konsum som danner grunnlag for produksjonsvirksomhet og sysselsetting, som kan ha innflytelse på den regionale utvikling og import til regionen. De fremskrevne OD-matrisene for de totale transportvolumene brukes som input til NEMO, der de fordeles på OD-matriser for forskjellige transportmidler.