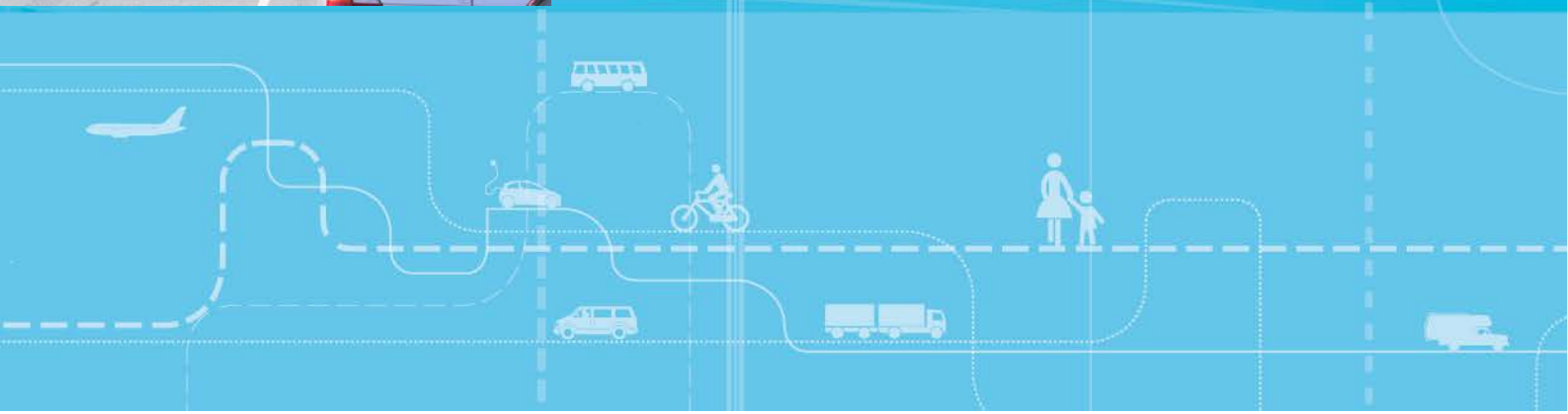


Makroøkonomiske effekter av ferjefri E39

En SCGE modellanalyse



Makroøkonomiske effekter av ferjefri E39

En SCGE modellanalyse

Wiljar Hansen

Transportøkonomisk institutt (TØI) har opphavsrett til hele rapporten og dens enkelte deler. Innholdet kan brukes som underlagsmateriale. Når rapporten siteres eller omtales, skal TØI oppgis som kilde med navn og rapportnummer. Rapporten kan ikke endres. Ved eventuell annen bruk må forhåndssamtykke fra TØI innhentes. For øvrig gjelder [åndsverklovens](#) bestemmelser.

Tittel: Makroøkonomiske effekter av ferjefri E39. En SCGE modellanalyse

Forfattere: Wiljar Hansen

Dato: 03.2015

TØI rapport: 1411/2015

Sider 60

ISBN Elektronisk: 978-82-480-1631-1

ISSN 0808-1190

Finansieringskilde: Statens vegvesen Vegdirektoratet

Prosjekt: 3934 - Ferjefri E39 -
Makroøkonomiske effekter

Kvalitetsansvarlig: Kjell Werner Johansen

Emneord: Mernytte

Ringvirkninger

Samfunnsøkonomiske analyser

Sammendrag:

Det er utviklet og anvendt en SCGE -modell til å beregne de totale samfunnsøkonomiske effekter av full ferjeavløsning langs E39 mellom Kristiansand og Trondheim. Resultatene tyder på at det er betydelige netto ringvirkningseffekter knyttet til reduserte godstransportkostnader og at disse ringvirkningseffektene kommer hele landet til gode. Videre viser resultatene at relativt høye bompenger demper de næringsøkonomiske ringvirkningene av ny ferjefri E39. Vi finner derimot ingen effekter utover den direkte nytten som beregnes i de tradisjonelle nytte –kostnadsmetodene for produktivitetstgevinster knyttet til økt arbeidspendling.

Title: Wider economic impacts of a ferry-free E39

Author(s): Wiljar Hansen

Date: 03.2015

TØI report: 1411/2015

Pages 60

ISBN Electronic: 978-82-480-1631-1

ISSN 0808-1190

Financed by: The Norwegian Public Roads Administration

Project: 3934 - Ferjefri E39 - Makroøkonomiske effekter

Quality manager: Kjell Werner Johansen

Key words: Transport appraisal

Wider economic benefits

Summary:

We have employed a newly developed Norwegian SCGE -model to study the wider economic impacts of a ferry-free E39 between Kristiansand and Trondheim. The results indicate quite substantial indirect rippling effects of reduced freight transport costs, also benefitting regions not directly affected by the infrastructure investment. However, we find no wider economic impacts of changes in commuting.

Language of report: Norwegian

Rapporten utgis kun i elektronisk utgave.

This report is available only in electronic version.

Transportøkonomisk Institutt
Gaustadalleen 21, 0349 Oslo
Telefon 22 57 38 00 - www.toi.no

Institute of Transport Economics
Gaustadalleen 21, 0349 Oslo, Norway
Telefon 22 57 38 00 - www.toi.no

Forord

På oppdrag fra Statens vegvesen Region vest har TØI vurdert den totale samfunnsøkonomiske nytten av ferjeavløsninger langs E39 – kyststamvegen mellom Kristiansand og Trondheim.

Rapporten er sin helhet skrevet av cand.polit. Wiljar Hansen. SCGE –modellen som anvendes i analysene er utviklet av Wiljar Hansen i samarbeid med ph.d. Olga Ivanova ved TNO i Nederland. Inger Beate Hovi (TØI) har levert resultatmatriser fra godsmodellsystemet, mens resultatmatriser fra persontransportmodellsystemet er levert av Rambøll og bearbeidet for anvendelse i SCGE –modellen av Christian Steinsland (TØI) og Wiljar Hansen.

Assisterende instituttdirektør Kjell Werner Johansen og cand oecon Harald Minken har stått for kvalitetssikringen, mens det avsluttende layoutarbeidet er utført av sekretær Trude Rømming.

Kontaktperson hos oppdragsgiver har vært Sindre Blindheim

Oslo, mars 2015
Transportøkonomisk institutt

Gunnar Lindberg
direktør

Kjell Werner Johansen
ass direktør

Innhold

Sammendrag

1	Innledning og bakgrunn	1
1.1	Innledning.....	1
1.2	Bakgrunn.....	1
1.3	Avgrensninger	3
1.4	Rapportens oppbygning	4
2	Dagens nytte- kostnadsvurdering og netto ringvirkninger (mernytte)	5
2.1	Innledning.....	5
2.2	Samfunnsøkonomiske analyser av infrastrukturinvesteringer	5
2.3	Netto ringvirkninger (mernytte).....	7
2.4	Totale samfunnsøkonomiske virkninger av ny infrastruktur	11
2.5	Metodiske verktøy for beregning av netto ringvirkninger.....	11
3	SCGE-modeller som analyseverktøy for å kvantifisere netto ringvirkninger.....	13
3.1	Innledning.....	13
3.2	Partiell vs. generell likevekt	13
3.3	Løsbare generelle likevektsmodeller med en geografisk dimensjon	15
3.4	SCGE –modellanalyse	16
4	Overordnet struktur i det utviklede SCGE –modellsystemet	18
4.1	Innledning.....	18
4.2	Modellens database	18
4.2.1	Referansedatasett.....	18
4.2.2	Godsstrømmer og godstransportkostnader	19
4.2.3	Persontransportstrømmer og transportkostnader.....	19
4.2.4	Vekstrater.....	21
4.3	Soner, sektorer og varer.....	21
4.3.1	Soner	21
4.3.2	Sektorer.....	22
4.3.3	Varer.....	23
4.4	Husholdninger	24
4.5	Bedrifter	25
4.6	Tilbud = etterspørsel	27
5	Modellberegnete makroøkonomiske effekter	29
5.1	Innledning.....	29
5.2	Anvendelse av SCGE –modellen.....	29
5.3	Inngangsdata ferjefri-E39.....	30
5.4	Modellberegnete samfunnsøkonomiske effekter: godstransport	32
5.5	Modellberegnete samfunnsøkonomiske effekter: persontransport.....	34
5.6	Merknader til de modellberegnete samfunnsøkonomiske effektene av endret persontransport.....	36
5.7	Sensitivitetsanalyser.....	38
5.8	Oppsummerende kommentarer.....	40

6	Oppsummering og konklusjon	42
6.1	Innledning	42
6.2	Oppsummering av modellberegnete makroøkonomiske effekter	43
7	Referanser	45
	Vedlegg 1: SCGE –modellens notasjon.....	49
	Vedlegg 2: SCGE -modellens ligningsystem	53

Sammendrag:

Makroøkonomiske effekter av ferjefri E39

En SCGE modellanalyse

TOI rapport 1411/2015

Wiljar Hansen

Oslo 2015 60 sider

I dette prosjektet har vi prøvd ut ny metodikk og nye innfallsvinkler for å gi et bilde av den totale samfunnsøkonomiske virkningen av en ny ferjefri E39 fra Kristiansand til Trondheim.

Vi utviklet og anvendt en Spatial Computable General Equilibrium (SCGE) –modell for å beregne direkte- og indirekte- nyttevirksomheter av prosjektet.

Resultatene tyder på at det er betydelige netto ringvirkningseffekter knyttet til reduserte godstransportkostnader og at disse ringvirkningseffektene kommer hele landet til gode. Videre viser resultatene at relativt høye bompenger demper de næringsøkonomiske ringvirkningene av ny ferjefri E39.

Vi finner ingen effekter utover den direkte nytten som beregnes i de tradisjonelle nytte – kostnadsmetodene for produktivitetsgevinster knyttet til økt arbeidspendling.

Totale samfunnsøkonomiske virkninger av ny infrastruktur

Infrastrukturprosjekter har både direkte- og indirekte effekter på økonomien. Figuren under viser en skjematisk oversikt over de permanente direkte- og indirekte effektene som følger av en større investering i infrastruktur.

Tabell S.1: Effekter fra infrastrukturinvesteringer. Kilde: (Oosterhaven and Knaap 2003) (bearbejdet)

	Direkte effekter	Indirekte effekter
Permanente effekter knyttet til bruken av ny infrastruktur	Reisetidseffekter Utnyttelses-gradseffekter Eksterne effekter som utslipp, støy, ulykker, etc.	Tilbudseffekter: produktivitets- og lokaliseringseffekter Etterspørselseffekter bakover i forsyningskjeden Eksterne miljø- og ulykkeseffekter i sekundærmarkeder

De totale samfunnsøkonomiske nyttevirksomheter av et infrastrukturprosjekt er summen av de direkte- og indirekte nyttevirksomheter.



Nytte –kostnadsanalysen (NKA) vurderer *prissatte konsekvenser* av prosjekter. Prissatte konsekvenser er typisk trafikant- og brukernytte¹, operatørnytte, budsjettvirkninger, ulykker, støy og luftforurensning. *Direkte* (permanente) effekter utgjør de prissatte nytte-effektene i nytte –kostnadsanalysen, slik disse vanligvis gjennomføres for vegprosjekter i Norge.

En sentral forutsetning i den mikroøkonomiske teorien som ligger til grunn for NKA er antakelsen om fullkommen konkurranse. Fra økonomisk teori vet vi at dersom de tilstøtende markedene til transportmarkedet er karakterisert ved tilnærmet fullkommen konkurranse, vil ringvirkningene av infrastrukturinvesteringen materialisere seg som omfordeling av nytte, og ikke bidra til ny nytte utover den som kan beregnes i det direkte berørte markedet (Kanemoto and Mera 1985; Jara-Diaz 1986).

Imidlertid er det slik at dersom det ikke lenger er rimelig å anta fullkommen konkurranse i de tilstøtende markedene til transportmarkedet, vil en infrastrukturutbedring kunne få virkninger i andre sektorer av økonomien som ikke nuller seg ut (Jara-Diaz 1986). Dette innebærer fare for at nyttesiden av et infrastrukturprosjekt undervurderes i en tradisjonell NKA.

Nyttevirkinger som ikke fanges opp av den direkte brukernytten i en velspesifisert NKA, hvor det er tatt hensyn til teknologiske eksterne virkninger, kalles ofte for *mernytte*. Begrepet *mernytte* tilsvarer det som i den internasjonale litteraturen ofte omtales som *wider economic benefits* eller *wider economic impacts*. Mernytte betegner altså tilleggsgnyttene av infrastrukturiltak som går ut over den direkte nytten for brukerne av tiltaket.

De viktigste samfunnsøkonomiske virkningene som ikke fanges opp i dagens NKA kan sammenfattes i 4 kategorier (se blant annet (DfT 2005)):

- Agglomerasjonseffekter
- Arbeidsmarkedsvirkninger
- Økt produksjon i imperfekte markeder
- Økt konkurranse i imperfekte markeder

For å identifisere og kvantifisere slike *indirekte* (permanente) effekter av ny infrastruktur trengs det andre analyseverktøy enn det transportetatene i Norge vanligvis bruker.

Metodisk verktøy

SCGE –modeller er løsbare generelle likevektsmodeller med en geografisk oppdelt oneinndeling, hvor det er flyt av varer og personer mellom sonene i modellen.

I motsetning til partielle likevektsmodeller, som kun ser på et gitt marked, tar prisene i resten av økonomien for eksogent gitt og ser bort fra virkninger i den øvrige økonomien, fanger generelle likevektsmodeller opp samspillet mellom alle sektorer i økonomien. En SCGE-modell er en oneinndelt, generell likevektsmodell som lar seg løse numerisk og som bygger på et referansedatasett som inneholder alle transaksjonene i økonomien i et basisår, samt transformasjons- og substitusjonselastisitetene for produktene i modellen.

¹ Defineres som den neddiskonterte nytten av tiltaket for trafikanter og senderne av gods, slik den kan måles direkte i transportmarkedene.

Modellen består av et sett likninger som reproducerer referansedatasettet gjennom forutsetninger for markedsstruktur, funksjonsformer for produkt og nyttefunksjoner, og parameterverdier på elastisitetene i modellen. Ligningsystemet beskriver atferden til de økonomiske agentene (husholdninger, bedrifter og myndigheter) og markedsstrukturen i økonomien (varer, innsatsfaktorer, etc.). I likevektsmodellen fanges samspillet mellom aktørene i økonomien opp gjennom prisene. Vektoren av priser som simultant klarer alle markedene definerer likevekten i modellen.

For å favne de totale samfunnsøkonomiske nyttevirkningene av ny ferjefri-E39, er det et sett av forutsetninger som må oppfylles i modellen:

1. Modellen må avvike fra forutsetningen om perfekt konkurranse og konstant skalautbytte i alle markeder
2. Modellen må ha en geografisk dimensjon, dvs. at interaksjonen mellom ulike geografiske regioner må tas hensyn til i modelleringen
3. Modellen må ta hensyn til at de fysiske innsatsfaktorene er mobile mellom sektorer og regioner. Dette innebærer at flyt av varer, så vel som personer, mellom sektorer og regioner modelleres.

En SCGE –modellanalyse består av å sammenligne ulike likevektstilstander. I tilfellet med analyser av virkninger av endret infrastruktur, så sammenlignes en likevektstilstand før endring (referanselikevekt) med en likevektstilstand etter endringen i infrastruktur (kontrafaktisk likevekt). For å beregne en kontrafaktisk likevektstilstand i modellen, så kreves det endrede inngangsmatriser for person- og godstransport. Hovedresultatet fra modellanalysen er sammenlikningen av velferden til konsumentene i de ulike likevektstilstandene.

I SCGE –modellanalysene beregnes **direkte nytte** gjennom å sammenlikne likevektstilstandene i 0-alternativet med likevektstilstanden etter vegutbyggingen hvor det i denne analysen er antatt fullkommen konkurranse i alle markeder.

Total nytte fremkommer gjennom sammenlikning av 0-alternativet og alternativscenariot hvor det er antatt monopolistisk konkurranse i industrisektorene.

Indirekte nytte (mernytte / netto ringvirkninger) fremkommer som differansen mellom total nytte og direkte nytte.

Modellberegnete samfunnsøkonomiske effekter

Analysene som presenteres i denne rapporten tar utgangspunkt i kodede transportnettverk fra person- og godsmodellsystemene. Analysene behandler kun nye fjordkryssinger og ser bort i fra øvrige veiutbedringer på strekningen. Det presenteres resultater for både et bomfritt- og et bombelagt investeringsalternativ.

I arbeidet med modellanalysene har det vist seg at dagens geografiske dimensjonering av SCGE –modellen (fylker) fungerer etter ønske for beregning av totale godsnyttevirkinger av ny ferjefri-E39. For beregning av nyttevirkinger av endrede persontransportkostnader og -volum, later det derimot til at den geografiske oppløsningen av modellverktøyet er for grov. Dette, i samband med den nasjonale persontransportmodellen sin manglende segmentering på hvilke yrkesgrupper det er som i hovedsak endrer reiseadferd etter trafikkutbedringen, gjør at det foreløpig ikke er mulig å presentere totale samfunnsøkonomiske nyttevirkinger av endret arbeidspending på en fullt ut tilfredsstillende måte.

Analysene indikerer likevel at tiltaket i stor grad vil påvirke de lange regionale transportene, og i mindre grad de korte arbeidspendlingsturene. Med bakgrunn i resultatfiler fra persontransportmodellene beregner SCGE –modellen netto ringvirkningseffektene av endret persontransport til å være neglisjerbare både i et bompengefritt og et bompengebelagt investeringsalternativ.

De SCGE –modellberegnete direkte nyttevirkningene av endret persontransport beregner sum direkte nytte for alle fylker til å være i underkant av 3 ganger høyere i det bomfrie alternativet sammenlignet med det bombelagte alternativet. Dette skyldes både trafikkavvisningen ved bombelastning, som reduserer den samfunnsøkonomiske nytten av prosjektet, og de høyere direkte kostnadene ved passering.

SCGE –modellanalyser hvor det antas monopolistisk konkurranse i primær- og industrisektorene finner til dels betydelige netto ringvirkningseffekter av reduserte godstransportkostnader, både for det bomfrie og det bombelagte investeringsalternativet.

Analysene beregner netto ringvirkningseffektene av økt konkurranse og økt produksjon i imperfekte varemarkeder til å være om lag 9% av den beregnede direkte nytten for det bombelagte alternativet og i underkant av 5% av beregnet direkte nytte i det bomfrie alternativet. Netto ringvirkning av endrede godstransportkostnader er beregnet til å være 2.2 ganger høyere i det bomfrie alternativet sammenlignet med det bombelagte investeringsalternativet.

I figuren under illustrerer vi de totale samfunnsøkonomiske effektene av endrede godstransportkostnader ved ny ferjefri E39, og hvordan disse fordeler seg ut på alle landets fylker.



Figur 1: Fylkesfordelte totale godsnyttevirksomheter av ferjefri-E39. Beregningsalternativ alt4_bomfritt - kun nye fjordkryssinger.

De totale samfunnsøkonomiske effektene av endrede godstransportkostnader er beregnet til å være i overkant av 4 ganger høyere i det bomfrie alternativet sammenlignet med det bombelagte alternativet. For begge investeringsalternativer kommer Rogaland og Hordaland ut med størst modellberegnet total nytte, etterfulgt av Oslo og Møre og Romsdal. Den relativt høye beregnede nytteeffekten for Oslo, så vel som for Akershus, viser at ferjefri E39 kan ventes å gi til dels betydelige nytteeffekter utenfor de direkte berørte regionene.

1 Innledning og bakgrunn

1.1 Innledning

På oppdrag fra Statens vegvesen Region Midt, ser vi i denne rapporten på de makroøkonomiske effektene av ny ferjefri E39. Arbeidet er et ledd i utredningen av ny ferjefri kyststamveg fra Kristiansand til Trondheim.

Hovedmålsettingen i prosjektet har vært, gjennom ny metodikk og nye innfallsvinkler, å gi et bilde av den totale samfunnsøkonomiske virkningen av ny ferjefri E39.

De totale samfunnsøkonomiske effektene av en vegutbygging er summen av de direkte- og de indirekte nytteeffektene av trafikkforbedringen. Nyttvirkninger som ikke fanges opp av den direkte brukernytten i en velspesifisert nytte -kostnadsanalyse, hvor det er tatt hensyn til teknologiske eksterne virkninger, omtaler vi som netto ringvirkninger.

Ringvirkninger av et transporttiltak kjennetegnes ved at det oppstår realøkonomiske effekter utover de primærmarkedene som berøres direkte av tiltaket. Dersom summen av ringvirkningene i sekundærmarkedene er forskjellige fra virkningen i primærmarkedene oppstår det netto ringvirkninger. For at ringvirkningene skal ha netto samfunnsøkonomisk verdi utover brukernytten må det foreligge en markedssvikt i sekundærmarkedene. Begrepet netto ringvirkninger omtales ofte som «mernytte» og tilsvarer det som i den internasjonale litteraturen ofte omtales som *wider economic benefits* eller *wider economic impacts*.

I dette arbeidet er det utviklet og anvendt en *Spatial Computable General Equilibrium* (SCGE) –modell for å beregne direkte- indirekte- og totale nyttevirkninger av ferjeavløsning langs E39. Analysene behandler kun nye fjordkryssinger og ser bort i fra øvrige veiutbedringer. Det er gjort beregninger for bomfrie og bombelagte investeringsalternativer.

1.2 Bakgrunn

Ulike investeringsbeslutninger har ulik motivasjon. Mens enkelte infrastruktur investeringer kun er motivert ut i fra et ønske om forbedret lokal trafikkavvikling, er andre prosjekter i tillegg motivert ut i fra et ønske om forbedrede vekstvilkår for lokalt næringsliv og bosetting. I noen situasjoner vil en trafikkforbedring kun lede til korridoreffekter hvor vekstvirkningene er marginale i de områdene investeringen finner sted. Andre prosjekter vil kunne generere til dels store lokale vekstvirkinger gjennom økt aktivitet i de berørte områdene. Ny ferjefri-E39 er forventet å tilhøre den siste av disse kategoriene.

Generelt kan man si at infrastrukturinvesteringer tilrettelegger for økonomisk vekst gjennom å bedre tilgjengeligheten. Hansen (1959) definerte denne tilgjengeligheten som *potensialet for interaksjon*. Dette potensialet for interaksjon påvirkes både av

kvaliteten ved transportsystemet, geografisk situasjon / lokalisering og av areal-
anvendelsen i det konkrete området. Ettersom steder har ulikt potensial for inter-
aksjon, vil de også ha varierende utviklingspotensial (Straatemeier 2008).

Prosjektet *Ferjefri E39* tar for seg den om lag 1100 km lange strekningen mellom
Kristiansand og Trondheim, et fergeavløsningsprosjekt som forbedrer trafikkavvik-
lingen på hele den berørte strekningen, og hvor også de lokale vekstvirkningene er
antatt å kunne være store. Etter åpningen av Trekantsambandet i 2000/2001 og
Kvivsvegen i 2012, gjenstår det 7 fjordkryssinger som i dag betjenes med ferger langs
E39 mellom Kristiansand og Trondheim:

- Boknafjorden (Rogfast)
- Bjørnefjorden (E39 Aksdal – Bergen)
- Sognefjorden (Lavik – Oppedal)
- Nordfjord (Anda – Lote)
- Storfjorden (Solevåg – Festøy)
- Romsdalsfjorden (Vestnes – Molde)
- Halsafjorden (Kanestraum – Halså)



Figur 1-1: Oversiktskart over E39 fra Trondheim – Kristiansand. Illustrasjon: Statens vegvesen.

Analysene som presenteres i denne rapporten tar utgangspunkt i kodete
transportnettverk fra person- og godsmodellsystemene. Analysene behandler kun

nye fjordkryssinger og ser bort i fra øvrige veiutbedringer på strekningen. Følgende fjordkryssinger er lagt inn i det nye nettverket ¹:

- Harestad – Arsvågen (Rogfast): Lengde 26,4 km. Ny reisetid 18 minutter, tidligere reisetid 58 minutter.
- Engjavik – Ulvenkrysset (bru over langenuen, veg over Reksteren og bru over Bjørnefjorden til Ulvenkrysset): Lengde 33 km. Ny reisetid 20 minutter, tidligere reisetid 68 minutter.
- Lavik – Oppedal: Lengde 6 km. Ny reisetid 4 minutter, tidligere reisetid 47 minutter.
- Solevåg – Festøy: Lengde 6 km. Ny reisetid 5 minutter, tidligere reisetid 35 minutter.
- Ørskogfjellet – Årø (undersjøisk tunell under Romsdalsfjorden, bru over Julsundet og vegutbedring fram til Årø): Lengde 41 km. Ny reisetid 30 minutter, tidligere reisetid 72 minutter (Erstatter fergesambandet Vestnes – Molde)
- Byrkjelo – Grodås (Tunnel gjennom Utvikfjeldet, bru ved Svarstad og ny veg til Grodås.): Lengde 35.5 km. Ny reisetid 27 minutter, tidligere reisetid 70 minutter.
- Kanestraum – Halså: Lengde 11 km. Ny reisetid 8 minutter, tidligere reisetid 37 minutter.

1.3 Avgrensninger

Rapporten tar ikke stilling til hvorvidt en full utbygging av ferjefri E39 er samfunnsøkonomisk lønnsomt. Vi belyser kun nyttesiden av prosjektet. En vurdering av samfunnsøkonomisk lønnsomhet er avhengig av en sammenligning av nytten og kostnadene ved prosjektet, og kostnadene ved utbyggingen er ikke behandlet i denne rapporten.

Rapporten fokuserer i hovedsak på de permanente indirekte tilbuds- og etterspørselseffektene av ny ferjefri E39. Midlertidige indirekte effekter knyttet til ringvirkninger av bygge- og anleggsvirksomheten i utbyggingsperioden, eventuelle fortrengningseffekter av at kapital og arbeidskraft er bundet opp i anleggsperioden, samt fremtidige effekter av vedlikeholdet av den etablerte infrastrukturen, vil ikke bli diskutert i rapporten.

Klimapåvirkningen av ny ferjefri E39 vil ikke bli behandlet i denne rapporten. Alle større infrastrukturprosjekter påvirke miljøet, både under anleggsperioden og gjennom bruken av infrastrukturen. Alt annet likt vil ny og/eller forbedret infrastruktur føre til økt trafikk, og derigjennom økt miljøbelastning.

Rapporten omhandler kun utbyggingskonsept 4 – kun ferjefrie kryssinger uten vegutbedringer. Dette innebærer fast fjordkryssing for alle de 7 fergesambandene langs E39, men ikke oppgraderinger av øvrige vegstrekninger.

¹ Lengder og reisetider for de ulike utbyggingskonseptene er hentet fra notat av 10.10.2012 med tittel: Detaljert kodingsbeskrivelse for ferjefri E39, utarbeidet av Rambøll. Nettverket som er benyttet tilsvarer Alt4 i notatet fra Rambøll.

1.4 Rapportens oppbygning

Den foreliggende rapporten er delt opp i 6 kapitler. Vedlegg 1 til rapporten presenterer notasjonen benyttet i SCGE –modellens ligningssystem, gjengitt i vedlegg 2.

Rapportens kapittel 2 gir en teoretisk framstilling av hvilke nytte-effekter som fanges i nytte –kostnadsanalysen og hvilke eventuelle netto ringvirkningseffekter som trenger andre metoder og modeller for å kunne kvantifiseres. Kapittel 3 gir et overordnet bilde av SCGE –modeller som analyseverktøy for å beregne de totale samfunnsøkonomiske effektene av ny infrastruktur, mens den utviklede SCGE –modellens struktur presenteres i rapportens kapittel 4. De modellberegnete makroøkonomiske effektene av ferjefri E39 presenteres i kapittel 5, mens kapittel 6 oppsummerer og konkluderer.

2 Dagens nytte- kostnadsvurdering og netto ringvirkninger (mernytte)

2.1 Innledning

Bruk av nytte -kostnadsanalyse (NKA) som beslutningsveiledende verktøy for vurdering av investeringsbeslutninger i transportnettverket har lang tradisjon i Norge, helt fra den første veilederen på 70 tallet og frem til dagens praksis med krav til gjennomføring av samfunnsøkonomiske analyser hjemlet i Plan og Bygningsloven.

Den gjeldende veilederen for konsekvensanalyser av veginvesteringer er Vegvesenets håndbok V712. Den samfunnsøkonomiske analysen av infrastrukturprosjekter består etter håndboka i hovedsak av to deler; en del hvor de prissatte konsekvensene av utbyggingen vurderes opp imot kostnaden ved investeringen i en NKA, og en del hvor de ikke-prissatte konsekvensene vurderes på en ni-delt ordinal skala. Dersom det ansees relevant skal det i tillegg vurderes om prosjektet har netto ringvirkninger som ikke fanges opp i NKA.

2.2 Samfunnsøkonomiske analyser av infrastrukturinvesteringer

Formålet med en NKA er å vurdere om et tiltak bidrar til å bedre økonomisk effektivitet. Så lenge offentlige ressurser er knappe vil det være konkurranse om investeringsmidlene mellom ulike utbyggingskonsepter, både innenfor hver sektor og på tvers av sektorene. Budsjettbeskrivningen medfører at et hvert prosjekt har en alternativkostnad; investeringsmidlenes beste alternative anvendelse. En nytte -kostnadsanalyse er enkelt fortalt et beslutningsveiledende verktøy som summerer opp all nytten og alle kostnadene ved et investeringsalternativ, med det formål å allokere samfunnets ressurser effektivt. En effektiv allokering av samfunnets ressurser innebærer at de blir anvendt der hvor verdien av anvendelsen er høyest.

I den tradisjonelle nyttevurderingen av en infrastrukturutbygging antas det at en velspesifisert NKA fanger opp alle relevante nyttevirksomheter. Samfunnsøkonomiske analyser av infrastrukturtiltak i samferdselssektoren konsentrerer seg i dag om de direkte effektene i transportmarkedene (Minken 2012):

- trafikantenes og vareeierens tids- og pålitelighetsgevinster og monetære kostnader (kjørekostnader, billett-kostnader, bompengekostnader),
- overskuddet til kollektivselskapene og de andre selskapene i sektoren (for eksempel bompengeselskaper, parkeringsselskaper, private selskaper som bygger og driver infrastruktur),
- budsjettvirkninger for det offentlige (kostnader vedrørende bygging og drift av infrastruktur, overføringer til og fra private selskaper i sektoren, budsjettvirkninger av endringer i inngangen av skatter og avgifter fra transportsektoren),

- ulykkeskostnader, støykostnader, kostnader ved utslipp av klimagasser og lokal luftforurensning.

Etterspørselen etter transport antas som regel å være en funksjon av generaliserte transportkostnader, der ulike former for tidskostnader og monetære kostnader inngår. Virkningene for det offentlige multipliseres med en skattefaktor (skyggepris på offentlige midler) som skal fange opp kostnadene i økonomien som helhet ved å finansiere offentlig virksomhet over skatteseddelen. Ved til slutt å summere over de fire gruppene – trafikanter, selskaper, det offentlige og samfunnet for øvrig – elimineres overføringer som billetter, bompenger, skatter og avgifter.

En av de viktigste reservasjonene mot å benytte NKA som beslutningsverktøy innen samferdselssektoren ligger i metodens manglende evne til å inkorporere de bredere indirekte økonomiske virkningene av ny eller forbedret infrastruktur, såkalte netto ringvirkninger (mernytte) (OECD 2002).

En sentral forutsetning i den mikroøkonomiske teorien som ligger til grunn for NKA er antakelsen om fullkommen konkurranse. Fra økonomisk teori vet vi at dersom de tilstøtende markedene til transportmarkedet er karakterisert ved tilnærmet fullkommen konkurranse, vil de eksterne effekter ved infrastrukturinvesteringen materialisere seg som omfordeling av nytte, og ikke bidra til ny nytte utover den som kan beregnes i det direkte berørte markedet (Kanemoto and Mera 1985; Jara-Diaz 1986). I slike tilfeller er derfor partielle betraktninger tilstrekkelig. Ved tilnærmet fullkommen konkurranse vil det å legge til ytterligere ringvirkninger medføre dobbelttelling (Mohring 1993). Med pris lik den samfunnsøkonomiske grensekostnaden vil altså virkningene av et transporttiltak i andre deler av økonomien ikke være annet enn forvandlede former av nytten for trafikantene. Denne trafikantnytten beregner vi i transportmarkedene. Det følger direkte av velferdsteoremene at i en økonomi betegnet av fullkommen konkurranse, så vil all nytten av et prosjekt være fanget opp av brukernytten i transportmarkedene.

Faktaboks: Fullkommen konkurranse som forutsetning
Synonymt med <i>perfekt konkurranse</i> og <i>frikonkurranse</i>
Er definert som et marked med mange små kjøpere og selgere, og hvor ingen aktører kan påvirke prisen gjennom sin kjøps eller salgsbeslutning. Ingen markedsrett.
Ingen etableringshindringer, aktører kan fritt gå inn og ut av markeder
Profittmaksimerende produsenter og nyttemaksimerende konsumenter
Både kjøpere og selgere har full tilgang på informasjon om prisendringer og andre forhold ved produksjonen
Det er fri prisdannelse, dvs. ingen offentlige reguleringer eller barrierer for å etablere seg i markedet
Produsentene produserer homogene produkter

Avvik fra frikonkurranseforutsetningen i transportsektoren er ofte karakterisert ved eksterne virkninger ved bruken av infrastrukturen. En infrastrukturinvestering vil påvirke omfanget av de negative eksterne virkningene som kødannelse, forurensende utslipp og støy. Denne typen markedsimperfeksjoner, omtalt som teknologiske

eksterne virkninger av Small (1997) - definert ved at aktiviteten til en part inngår som argumenter i nytte- eller produktfunksjonen til en annen part, er allerede ivaretatt i en velspesifisert nytte-kostnadsanalyse, og er ikke gjenstand for mernytte.

Imidlertid er det slik at dersom det ikke lenger er rimelig å anta fullkommen konkurranse i de tilstøtende markedene til transportmarkedet, vil en infrastrukturutbedring kunne få virkninger i andre sektorer av økonomien som ikke nuller seg ut (Jara-Diaz 1986), uavhengig av om prisen er høyere, lavere eller lik samfunnets marginale kostnad i transportsektorene (SACTRA 1999). Tilstrekkelig store avvik fra perfekt konkurranse i de tilstøtende markedene kan medføre at nyttesiden av et infrastrukturprosjekt underestimeres i en tradisjonell NKA (Venables and Gasiorek 1998; SACTRA 1999).

Noen referanser til tidligere norske arbeider innen dette emnet er: (Gjerdåker and Lian 2008; Heldal, Rasmussen et al. 2009; Hagen, Hervik et al. 2010; Hansen 2011; Heum, Norman et al. 2011).

2.3 Netto ringvirkninger (mernytte)

Nyttevirkninger som ikke fanges opp av den direkte brukernytten i en velspesifisert NKA, hvor det er tatt hensyn til teknologiske eksterne virkninger, kalles ofte for *mernytte*. Begrepet *mernytte* tilsvarer det som i den internasjonale litteraturen ofte omtales som *wider economic benefits* eller *wider economic impacts*. Mernytte betegner altså tilleggsnytt av infrastrukturtiltak som går ut over den direkte nytten for brukerne av tiltaket.

Følgende tabell er hentet fra (SACTRA 1999) og gjengitt i (Holvad and Preston 2005). Tabellen viser den relative forskjellen mellom total økonomisk nytte og total trafikantnytte ved en infrastrukturinvestering for ulike prisdannelser. Tabellen viser ved hvilke prisdannelser mernytte kan oppstå.

Tabell 2-1: Samfunnsøkonomisk nytte relativt til trafikantnytte for ulike prisdannelser, oversatt til norsk fra (SACTRA 1999)

Transportsektoren	Transport brukende sektorer		
	P < MC	P = MC	P > MC
P < LRMSC	B < 1; B** < 1	B < 1; B** = 1	B = ?; B** > 1
P = LRMSC	B < 1; B** < 1	B = 1; B** = 1	B > 1; B** > 1
P > LRMSC	B = ?; B** < 1	B > 1; B** = 1	B > 1; B** > 1

Hvor,

- P = pris
- MC = marginalkostnad
- LRMSC = samfunnets marginalkostnad på lang sikt
- B = Total økonomisk nytte / total trafikantnytte, hvor den siste er målt ved en nytte-kostnadsanalyse som ser bort fra eksterne virkninger.
- B** = Total økonomisk nytte / total trafikantnytte, hvor det siste er målt ved en nytte-kostnadsanalyse som inkluderer alle eksterne virkninger av infrastrukturinvesteringen.

Antatt at nytten er korrekt målt, og inkluderer alle teknologiske eksterne virkninger av infrastrukturinvesteringen, vil mernytte oppstå når B** > 1, dvs. når den totale

nyttens overstiger trafikantnyttens. Av tabellen ser vi at $B^{**} > 1$ oppstår når $P > MC$ for sektorene som benytter transporten, uavhengig av om prisen er høyere, lavere eller lik samfunnets marginale kostnad på lang sikt i transportsektorene. Det vil si at mernytte oppstår når det er markedsimperfeksjoner i de tilstøtende markedene til transportmarkedene. I vår sammenheng definerer vi transportmarkedene som primærmarkedene, mens de tilstøtende markedene, som eiendomsmarkedet, arbeidsmarkedet, varemarkeder etc. er sekundærmarkeder. Vi kan da definere ringvirkninger som endringer i ressursbruken i likevekten i sekundærmarkedene (NOU 2012:16).

I nytte –kostnadsanalysen måles nytten av et tiltak direkte i transportmarkedet gjennom å summere de ulike gruppenes brukernytte. Mernytte derimot oppstår i individenes interaksjon med de tilstøtende markedene til transportmarkedet, og da i de tilfellene hvor disse tilstøtende markedene er preget av markedsimperfeksjoner. Blant de vanligste årsakene til markedsimperfeksjoner finner vi skatter og avgifter, markedsrett og informasjonsasymmetri. Mest relevant her er når vi har betydelige innslag av eksterne effekter som ikke er internalisert hos markedsaktørene eller store innslag av skattekiller som i arbeidsmarkedet (Hagen, Hervik et al. 2010).

I NOU 2012:16 *Samfunnsøkonomiske analyser* benyttes begrepet netto ringvirkninger for ringvirkninger som har netto samfunnsøkonomisk verdi for landet. Vi har valgt å benytte det sammenfallende begrepet mernytte i vår fremstilling i denne rapporten. Mernytte = netto ringvirkninger, dvs. ringvirkninger som har netto samfunnsøkonomisk verdi for landet. *Netto ringvirkninger* er trolig et bedre begrep enn hva *mernytte* er. Vi har allikevel valgt å benytte begrepet *mernytte* da det er innarbeidet i begrepsbruken i samfunnsdebatten omkring regionale virkninger av infrastrukturtiltak.

I NOU 2012:16 presenteres det en presis drøfting av hva som ligger i begrepet netto ringvirkninger:

- *Dersom en ringvirkning skal ha netto samfunnsøkonomisk verdi, må det foreligge en markedsvekt i sekundærmarkedene som innebærer at det i situasjonen for tiltaket er et under- eller overforbruk av ressurser sammenlignet med det som er samfunnsøkonomisk optimalt.*
- *Hvis tiltaket som analyseres påvirker dette under- eller overforbruket, har tiltaket en netto ringvirkning som kan ha effekt på samfunnsøkonomisk effektivitet*

Ved avvik fra fullkommen konkurranse i de tilstøtende markedene til transportmarkedet, kan de viktigste samfunnsøkonomiske virkningene som ikke fanges opp i dagens NKA sammenfattes i 4 kategorier (se blant annet (DfT 2005)):

- Agglomerasjonseffekter
- Arbeidsmarkedsvirkninger
- Økt produksjon i imperfekte markeder
- Økt konkurranse i imperfekte markeder

Agglomerasjonseffekter er et begrep økonomer benytter for å beskrive produktivetsgevinster bedrifter og mennesker har av å være lokalisert nær hverandre. Økt tetthet og geografisk samlokalisering kan gi produktivetsgevinster ved at kunnskap utveksles bedriftene i mellom, leverandørtilgangen og tilgangen på arbeidskraft øker, og det vokser frem et levedyktig og kompetent miljø. Det oppstår skalafordeler ved at bedrifter i samme bransje eller langs samme verdikjede samlokaliserer. En gjennomgående observasjon av bedrifters lokaliseringssatferd er at

de tenderer til å klumpe seg sammen i næringsparker, tettsteder og byer. Slik klynge-dannelse blir tatt til inntekt for at skalafordelene oppveier de økte eiendomsprisene og de økte lønnskostnadene i klyngen. Uten denne produktivetsgevinsten ville klyngene brytes opp og bedriftene vil lokalisere seg jevner i geografien.

Agglomerasjonseffekter har hovedfokus i mye av litteraturen omkring mernytte ved infrastrukturinvesteringer (van Exel, Rienstra et al. 2002; Laird, Nellthorp et al. 2005; Graham 2007; Venables 2007; Graham and Dender 2011). Krugman (Krugman 1991) krediteres ofte som opphavet til *ny økonomisk geografi*, en fagretning hvor det blant annet fokuseres på hvordan samspillet mellom skalafordeler, produkt-differensiering, faktormobilitet og transportkostnader kan gi opphav til agglomerasjon. I disse modellene bidrar investeringer i infrastruktur til økt markedsstørrelse, og i neste instans produktivetsgevinster i de tilstøtende markedene til transportmarkedet (Hagen, Hervik et al. 2010). Sentripetale og sentrifugale krefter har stor fokus i denne litteraturen, hvor sentripetale krefter som markedskoblinger, både for sluttprodukter og innsatsfaktorer, og et større arbeidsmarked fører til agglomerasjon. Høyere pendlingskostnader og økte eiendomspriser er eksempler på sentrifugale krefter som tenderer mot å bryte opp næringsklynger.

Arbeidmarkedsvirkninger: En redusert generalisert reisekostnad for arbeidstakeren påvirker hans valg av arbeidssted og arbeidstid. Lavere reisekostnader gjør det mer lønnsomt for flere å jobbe, noen vil ønske å jobbe mer og enkelte vil flytte til mer produktive næringer. Valget av hvor og hvor mye en arbeidstaker skal jobbe, er en avveining mellom de generaliserte reisekostnadene og den lønn han oppnår i jobben han reiser til. I et arbeidsmarked uten skatt på lønn vil verdien av økt arbeidstilbud bli fanget opp av trafikantnyttene i NKA. Skatt på lønnsinntekt forårsaker et effektivitetstap i arbeidsmarkedet. Arbeidstakeren foretar sine valg basert på lønnsgevinsten etter skatt, mens samfunnets gevinst er lik produksjonsøkningen før skatt. På grunn av inntektsskatten kan lavere generaliserte reisekostnader redusere effektivitetstapet i arbeidsmarkedet, og derigjennom generere mernytte.

Litteraturen identifiserer 4 effekter i arbeidsmarkedet som kan resultere i mernytte (Manning 2003; DfT 2005; Elhorst and Oosterhaven 2008; Laird and Mackie 2009):

1. Endring i arbeidstilbudet som følge av endrede pendlerkostnader
2. Relokalisering til mer produktive arbeidssteder
3. Effekten av tilbudsoverskudd i arbeidsmarkedet
4. Effekten av et ”tynt” arbeidsmarked

Avviket fra fullkommen konkurranse i arbeidsmarkedet avhenger av hvor elastisk arbeidskraftstilbudet er med hensyn på lønn. Jo mindre elastisk arbeidskraftstilbud, desto mer markedsmakt. Monopsoni i arbeidsmarkedet kan blant annet ha utspring i geografisk- og yrkesmessig immobilitet blant arbeidstakerne. Ulike grupper arbeidstakere har ulik arbeidstilbudselastisitet. Tradisjonelt har kvinner blant annet hatt færre alternativer på arbeidsmarkedet enn menn.

Økt produksjon i imperfekte markeder: Markedsmakt i produktmarkedet leder til ineffektiv produksjon, og derigjennom et avvik fra den samfunnsøkonomisk effektive allokeringen. En reduksjon i transportkostnadene til en profittmaksimerende monopolist, f.eks. som følge av en trafikkforbedring, har effekt på marginalkostnaden. Monopoltilpasningen er karakterisert ved at marginalkostnaden er lik grenseinntekten, og når marginalkostnaden faller som resultat av en infrastrukturinvestering vil produsert mengde øke. Noe av denne effekten er allerede fanget opp i

trafikanntnyten i transportmarkedet, den delen som ikke er fanget opp i trafikanntnyten vil være mernytte.

Økt konkurranse i imperfekte markeder: Transporttilbudet kan i mange tilfeller opptre som en etableringsbarriere. En infrastrukturinvestering som gir økt tilgjengelighet og lavere transportkostnader vil kunne medføre nyetableringer i markeder hvor det tidligere har vært få aktører, en slik nyetablering vil øke konkurransen og derigjennom effektiviteten i økonomien. Dette er en effekt som kan være viktig i infrastrukturprosjekter som knytter regioner med dårlig tilgjengelighet tettere til transportnettverket. Bedre infrastruktur gir også bedrifter lokalisert på andre steder muligheten til å trengte inn i nye markeder med sine produkter. På samme måte som ved nyetableringer medfører dette at de eksisterende bedriftene i markedet mister markedsrett og at prisene nærmer seg frikonkurranseløsningen, samtidig som produsert volum øker.

2.3.1 De fleste effektene er allerede fanget opp i nytte - kostnadsanalysen

Det er viktig å huske på at mye av de totale nyttevirkningene ved en infrastrukturinvestering allerede er fanget opp gjennom nytte-kostnadsanalysen. Det som ofte oppleves som en lokal positiv ringvirkning, motsvares ofte av en negativ ringvirkning i en annen lokalitet. Slik omfordeling av nytte skal ikke legges til i beregningen av den samfunnsøkonomiske nytten av et prosjekt.

Eksempelvis kan reduserte generaliserte reisekostnader medføre endring i folks pendlings- og bostedspreferanser. Innenfor pendlingsavstand kan nye muligheter realiseres, eventuelt kan også fortetning og økt økonomisk attraktivitet medføre tilflytting av bedrifter og arbeidskraft. Tilflytning bidrar til ytterligere fortetning og ytterligere økning i produktiviteten i den økonomiske kjernen. Ofte regnes den eventuelt økte produktiviteten som følger av tilflytningen som mernytte uten å ta hensyn til følger i andre regioner. I denne sammenhengen er det viktig å huske på at husholdninger som flytter til et distrikt, og kanskje bidrar til fortetning og økt produktivitet, også bodde et sted tidligere hvor de ikke bor lengre. Denne fraflytningen kan ha bidratt til at regionen de forlot da de flyttet, nå opplever en negativ ringvirkning av trafikkforbedringen. Mye av den positive ringvirkningen som fulgte av husholdningens flytting til ny lokalitet, vil da motsvares av den negative ringvirkningen det innebar at de forlot sitt tidligere bosted. Positiv netto ringvirkning oppstår i dette tilfellet bare når den positive ringvirkningen av tilflytting er høyere enn den negative ringvirkningen av fraflytting. Denne nettotilnærmingen til mernyttediskusjonen finner vi også i nyere faglitteratur. Kanemoto (Kanemoto 2013a; Kanemoto 2013b) bygger videre på Venables (2007) ved å tilføre modellen flere byer og et landlig distrikt imellom byene. Det viser seg da blant annet at mernytten i den ene byen motvirkes av virkningene i byene som får mindre befolkning, og at de positive skattevirkningene og produktivitetsvirkningene av økt arbeidsdeltakelse motvirkes av at offentlig tjenesteyting blir dyrere.

Likeledes er det ikke tilstrekkelig å se på sammenhengen mellom en infrastrukturinvestering og økning i lokal produktivitet uten å ta hensyn til at denne eventuelle økningen i produktivitet lokalt/regionalt kan motsvares av en nedgang i produktivitet i andre regioner. Mernytte, eller det mer dekkende begrepet «netto ringvirkninger», er summen av alle de regionale virkningene, hvor det er netto-effekten som er mernytten ved infrastrukturinvesteringen. Så lenge antakelsen om perfekt

konkurransen vi benytter i nytte-kostnadsanalysen holder, så er det tilstrekkelig å innskrenke investeringsinfluensområdet til lokale/regionale effekter. Dette er derimot ikke lenger en farbar vei hvis vi antar at markedene er imperfekte og at infrastrukturinvesteringen bidrar til å begrense markedsimperfeksjonene. Hvorvidt den observerte lokale veksten som følger av en infrastrukturinvestering er en fordelingsvirkning eller om det er nyskapt vekst, avhenger ofte av størrelsen på det romlige systemet som evalueres (Gjerdåker and Lian 2008). Det er sannsynlig at deler av den veksten som observeres lokalt og som kan oppleves som nyskapt, kun viser seg å være omfordelingseffekter dersom man utvider det evaluerte geografiske influensområdet til investeringen. Sannsynligheten for å kunne skille mellom fordelingseffekter og nyskapt vekst øker med størrelsen på det geografiske området som analyseres; lokale analyser vil kunne vise store mernytte-effekter, mens nasjonale analyser viser betydelig lavere netto ringvirkning.

2.4 Totale samfunnsøkonomiske virkninger av ny infrastruktur

Infrastrukturprosjekter har både direkte- og indirekte effekter på økonomien. Figuren under viser en skjematisk oversikt over de permanente direkte- og indirekte effektene som følger av en større investering i infrastruktur.

Tabell 2-2: Effekter fra infrastrukturinvesteringer. Kilde: (Oosterhaven and Knaap 2003) (bearbeidet)

	Direkte effekter	Indirekte effekter
Permanente effekter knyttet til bruken av ny infrastruktur	Reisetidseffekter Utnyttelses-gradseffekter Eksterne effekter som utslipp, støy, ulykker, etc.	Tilbudseffekter: produktivets- og lokaliseringseffekter Etterspørselseffekter bakover i forsyningskjeden (Eksterne miljø- og ulykkeseffekter i sekundærmarkeder)

Permanente direkte økonomiske effekter inkluderer endringer i utnyttelsesgraden av infrastrukturen, samt endret reisetid for personer så vel som gods. I tillegg er det knyttet direkte permanente eksterne effekter i form av støy, utslipp, ulykker, etc. til bruken av infrastrukturen. Det er de direkte permanente effektene som inngår i brukernytten i nytte -kostnadsanalysen.

De permanente indirekte effektene inneholder etterspørselseffekter gjennom virkninger bakover i forsyningskjedene, tilbudseffekter gjennom konsekvensene for produksjons- og lokaliseringsbeslutningene av endrede reisetider, og derigjennom effekten på lønninger og sysselsetting. I tillegg vil det være permanente eksterne indirekte effekter i form av indirekte utslippseffekter knyttet til disse tilbuds- og etterspørselseffektene. De permanente indirekte effektene av ny infrastruktur vil ikke fullt ut fanges i brukernytten i nytte –kostnadsanalysen og tilsvarer det vi omtaler som netto ringvirkninger (mernytte), og for å kvantifisere disse effektene trengs det andre metoder eller modeller.

2.5 Metodiske verktøy for beregning av netto ringvirkninger

Gjennomgang av litteraturen omkring regionale virkninger av infrastrukturinvesteringer identifiserer følgende metodiske verktøy for analyser av netto ringvirkningseffekter:

- Såkalte ATP-modeller som kan beregne hvordan transportinvesteringer endrer tilgjengelighet til ulike områder. Hvor mange kan nå et bysentrum innenfor en gitt reisetid?
- Modeller for beregning av potensialer for regionforstørring. Denne typen modeller beregner ofte pendling mellom områder ut fra reisetid og attraktivitet for arbeidsmarkedet i ulike områder. Arbeidstakere er villige til å reise lenger til en spesialisert arbeidsplass som krever høy kompetanse enn til en mindre kompetansekrevende arbeidsplass med lavere lønn. En raskere vegforbindelse kan endre reisetid til områder med attraktive arbeidsplasser.
- Kvalitative metoder (SWOT-analyser, spørreundersøkelser, etc.)
- Makro- og regionaløkonomiske modeller uten geografisk dimensjon
- Modeller som beregner produktivitetsvirkninger av endrede reisetider. Ny infrastruktur knytter folk og bedrifter tettere sammen gjennom endrede reisetider. Denne typen modeller beregner sammenhengen mellom endret tetthet i et felles bolig- og arbeidsmarked og verdiskaping i det samme området målt som inntektsnivå eller bruttoproduksjon.
- Spatial Computable General Equilibrium (SCGE) – modeller. Dette er modeller med en geografisk dimensjon som, i motsetning til partielle likevektsmodeller, beregner simultan likevekt i alle markeder. I denne typen modeller er ofte regionaløkonomiske data kombinert med data over vare- og persontransportflyt mellom regioner. Slike modeller kan blant annet beregne endret velferd for husholdningene som følge av en transportinvestering.
- Land-use / transport interaction (LUTI) – modeller. Dette er kombinerte arealbruks- og transportmodeller som ofte benyttes for å beregne ny etterspørsel etter transport som følge av endringer i arealutnyttelse.

ATP-modeller og modeller for beregning av potensialer for regionforstørring er egnet til å identifisere eventuelle potensialer for regionforstørring uten at verktøyene evner å kvantifisere disse. Kvalitative metoder, som SWOT-analyser eller lignende, er ikke egnet til å kvantifisere mernytteeffekter, men er snarere metoder som benyttes i fravær av bedre alternativer og hvor fokuset i analysene er å kvalitativt beskrive eventuelle regionale fordeler og ulemper knyttet til utbyggingen. Makro- og regionaløkonomiske modeller, modeller som beregner produktivitetsvirkninger, SCGE- og LUTI-modeller, evner på ulike måter å kvantifisere ringvirkninger av infrastrukturinvesteringer.

SCGE- og LUTI-modeller er de eneste verktøyene som på en fullverdig måte tar hensyn til den geografiske dimensjonen i transportnettverket og i økonomien for øvrig. Således er dette de best egnede verktøyene for analyser av sammenhengene mellom infrastrukturinvesteringer og regionaløkonomisk vekst. I våre analyser har vi valgt å utvikle og benytte SCGE-modeller i beregningene av de bredere økonomiske virkningene av ny ferjefri E39.

3 SCGE-modeller som analyseverktøy for å kvantifisere netto ringvirkninger

3.1 Innledning

Vi vil i dette kapitlet gi en kort og generell beskrivelse av teorien bak generelle likevektsmodeller og hvordan denne modellklassen er spesielt godt egnet til å analysere sammenhengene mellom infrastruktur, transportsektorene og økonomien som helhet.

Innledningsvis vil vi med få ord og litt drypp av teori si noe om forskjellene mellom partielle- og generelle likevektsmodeller, før vi gir en generell beskrivelse av SCGE-modeller og denne modelltypens anvendelsesområder.

3.2 Partiell vs. generell likevekt

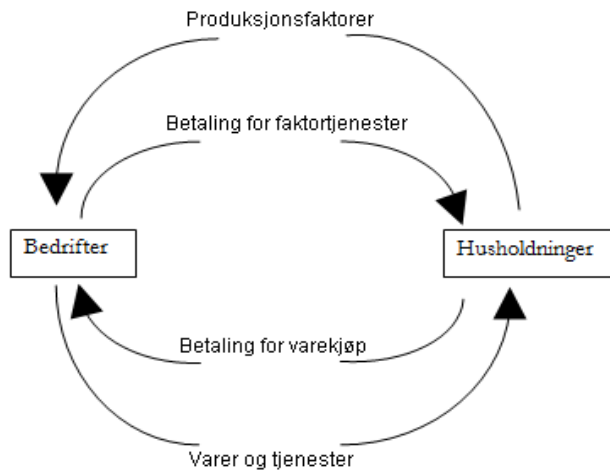
Når det er balanse mellom tilbud og etterspørsel i et marked sier vi at det markedet er i likevekt. Begrepet likevekt benyttes på å betegne et systems tilstand når det ikke foregår endringer innenfor dette systemet.

I et enkelt marked for en vare eller tjeneste tilsier standard økonomisk teori at det eksisterer en pris som balanserer tilbudet og etterspørselen etter varen. I likevekt er det ingen tilbuds- eller etterspørselsoverskudd, dvs. at alle selgere som ønsker å selge varen vil gjøre det; og alle kjøpere som ønsker å kjøpe vil gjøre det. I en partiell likevektsmodell ser en bort fra at endringene i et marked kan ha konsekvenser for andre markeder og næringer.

Imidlertid er det slik at en ikke kan studere partielle markeder alene. En endring i et marked vil typisk produsere ringvirkninger i andre markeder da markedene for varer så vel som for tjenester og innsatsfaktorer henger sammen. Tilbuds- og etterspørselsendringer i et marked påvirker tilbudet og etterspørselen i andre markeder. Tilbudet og etterspørselen etter varer avhenger altså ikke bare av prisen på den enkelte varen, men også av prisene på de andre varene i økonomien. Dette innebærer at man må konstruere et system av priser som simultant klarer alle markedene i økonomien. Generelle likevektsmodeller er modellsystemer for slike sammenhengende prissystemer.

Ideen om et sammenhengende prissystem som definerer likevekten for økonomien i helhet tilskrives ofte Leon Walras og hans tidlige forsøk på 1870 tallet til å modellere sammenhengende priser som klarer alle markedene i økonomien.

Hovedprinsippene i generelle likevektsmodeller kan forklares ut i fra en enkel illustrasjon av det økonomiske kretsløpet. I en stilisert lukket økonomi uten sparing, investeringer og offentlig sektor kan inntektsflyten i økonomien illustreres i følgende enkle figur:



Den øverste delen av figuren viser faktormarkedene hvor husholdningene tilbyr faktortjenester til bedriftene i bytte mot betaling for faktortjenestene. Lønn og kapitalavkastning er eksempler på slik betaling, og i denne enkle modellen utgjør dette husholdningenes inntekt. Denne inntekten blir benyttet til å kjøpe varer og tjenester produsert av bedriftene, illustrert i nedre del av figuren. Overføringene fra husholdningene til bedriftene i markedet for varer og tjenester utgjør bedriftenes inntekt i denne enkle modellen.

I en tenkt økonomi med m varemarkeder og n faktormarkeder, vil det i en generell likevekts-setting være $m+n$ priser som må fastsettes for disse markedene. For å konstruere en generell likevektsmodell trengs det et sett av ligninger som beskriver tilbudet, etterspørselen og likevektsbetingelsene for de $m+n$ markedene i økonomien. I tillegg behøves det ligninger som beskriver inntektene til agentene i modellen.

For en formell definisjon av Walras-likevekt henviser vi til blant annet kapittel 17 i (Mas-Colell et al, 1995). I vår framstilling i denne rapporten tillater vi oss å være litt upresise og gjengir for enkelhetens skyld kun de tre betingelsene som må være oppfylgt for at en likevekt skal være av Walras-typen: En allokering av tilbud og etterspørsel (x,y) og en vektor av priser (p_1, \dots, p_n) er en likevekt av Walras-typen hvis bedriftene maksimere profitten gitt disse likevektsprisene (betingelse nr. 1), og konsumentene maksimere sin nytte betinget av sitt tilgjengelige budsjett gitt likevektsprisene (betingelse 2). Betingelse nr 3 sier at i en likevekt av Walras-typen er tilbudet lik etterspørselen.

Gjennom sine velferdsteoremer viser Arrow og Debreu (Arrow and Debreu 1954) blant annet at enhver likevekt av Walras-typen er pareto-optimal.

Det er to egenskaper ved generelle likevektsmodeller som behøver nærmere forklaring. For det første kan kun relative priser fastsettes. En av prisene i modellen velges som måleenhet, deretter vurderes alle de andre prisene relativt til denne prisen. Siden modellen er homogen av grad 0 i prisene, vil en proporsjonal endring i alle prisene føre til uendrede relative forhold prisene imellom og uendrede tilbuds- og etterspørselsforhold i markedene. For det andre, så er det ikke tilbuds- og /eller etterspørselsoverskudd i økonomien. Dette innebærer at i økonomien som helhet er aggregert tilbud lik aggregert etterspørsel, noe som medfører at dersom $n-1$ markeder er i balanse, så er også det siste markedet i balanse. For en generell likevektsmodell betyr dette at dersom inntekten er lik utgiftene for alle agentene i modellen og $n-1$ markeder er i balanse, så er det siste markedet også i balanse. En av ligningene er dermed overflødig og kan kuttes vekk fra modellen.

3.3 Løsbare generelle likevektsmodeller med en geografisk dimensjon

Spatial Computable General Equilibrium (SCGE)-modeller er løst oversatt til norsk noe som tilsvarer *Romlige Beregnbare Generelle Likevektsmodeller*, i seg selv et lite fengende uttrykk. *Spatial*, i denne sammenhengen oversatt med *Romlig*, innebærer at den generelle likevektsmodellen modellerer interaksjonen mellom aktører og markeder på ulike geografiske lokaliteter, dvs. at modellen er delt inn i geografiske soner.

Computable (*beregnbar*) betegner at modellen gjennom matematiske itereringsprosesser lar seg løse numerisk; man kan sette inn verdier for en faktisk økonomi og gjennom iterasjon løse ligningene. En SCGE-modell er altså en praktisk anvendbar generell likevektsmodell som tar inn over seg at produksjon og konsum kan oppstå på ulike steder i geografien, og at transport av folk og varer og kostnaden ved transporten bidrar til fastsettelsen av systemet av likevektspriser som klarer alle markedene.

Økonomiske modeller med en detaljert romlig dimensjon er den eneste fullgode metoden for å analysere de bredere økonomiske effektene av større infrastrukturinvesteringer (Oosterhaven and Knaap 2003; Simmonds and Feldman 2011). SCGE -modeller er et metodisk verktøy med en detaljert romlig dimensjon, og er således velegnede til å analysere ringvirkningseffekter av infrastrukturinvesteringer. Det at SCGE-modeller favner hele økonomien gjør dem spesielt godt egnet til å analysere indirekte ringvirkninger av infrastrukturiltak gjennom sammenhengen mellom transportsektoren og samfunnet som helhet (SACTRA 1999; Eijgenraam, Koopmans et al. 2000; Lakshmanan 2010).

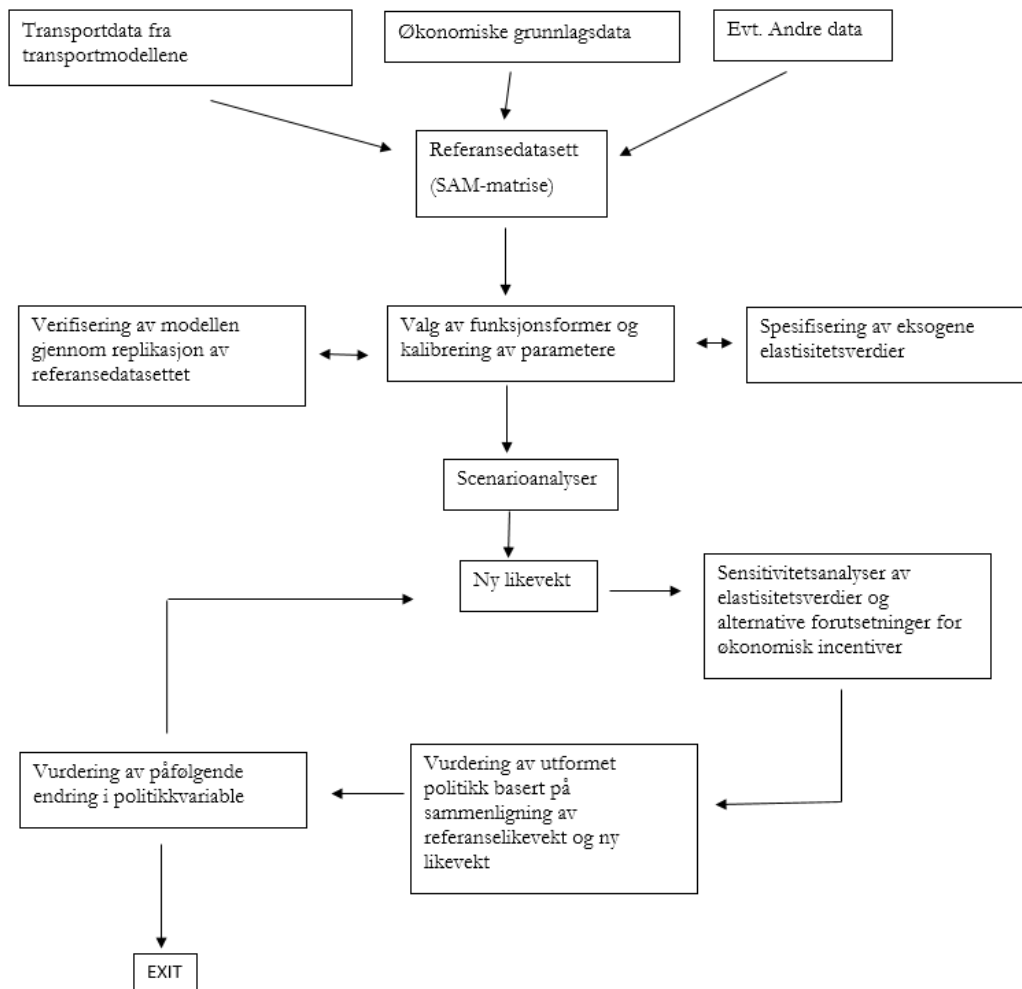
I motsetning til partielle likevektsmodeller, som kun ser på et gitt marked, tar prisene i resten av økonomien for eksogent gitt og ser bort fra virkninger i den øvrige økonomien, fanger generelle likevektsmodeller opp samspillet mellom alle sektorer i økonomien. En SCGE-modell er en soneinndelt, generell likevektsmodell som lar seg løse numerisk og som bygger på et referansedatasett som inneholder alle transaksjonene i økonomien i et basisår, samt transformasjons- og substitusjonselastisitetene for produktene i modellen.

Modellen består av et sett likninger som reproducerer referansedatasettet gjennom forutsetninger for markedsstruktur, funksjonsformer for produkt og nyttefunksjoner, og parameterverdier på elastisitetene i modellen. Ligningssystemet beskriver atferden til de økonomiske agentene (husholdninger, bedrifter og myndigheter) og markedsstrukturen i økonomien (varer, innsatsfaktorer, etc.). I likevektsmodellen fanges samspillet mellom aktørene i økonomien opp gjennom prisene. Vektoren av priser som simultant klarer alle markedene definerer likevekten i modellen.

SCGE –modeller er sterkt rotfestet i tradisjonell mikroøkonomisk teori. Husholdningenes adferd er basert på prinsippet om nyttemaksimering, hvor etterspørsels-siden av modellen dannes ved at konsumentene maksimerer sin nytte gitt sitt tilgjengelige budsjett. Likeledes antas det at bedriftene opptrer som profittmaksimerende aktører på tilbudssiden i økonomien. Adferden til produsentsiden i modellen er bestemt av kostnadsminimering gitt produksjonsnivå og produksjonsteknologi. I likevekt er systemet av priser slik at tilbudet er lik etterspørselen, dvs. at det verken er tilbuds- eller etterspørselsoverskudd.

3.4 SCGE –modellanalyse

Figuren under viser en skjematisk framstilling av de ulike kildene for inngangsdata, hvordan de ulike datakildene inngår i referansedatasettet, og hvordan SCGE –modellen benyttes til analyser av eksogene endringer i politikkvariable og/eller infrastruktur.



Figur 3-1: Skjematisk framstilling av modellanalyser foretatt med SCGE –modellen

En generell likevektsmodell av den art vi har utviklet og beskrevet i denne rapporten, er et sett av likninger som gjenskaper modellens referansedatasett gjennom antakelser omkring funksjonsformer for modellens nytte-, produkt- og etterspørselsfunksjoner. Avhengig av valgte funksjonsformer må det også spesifiseres et sett av eksogene elastisitetsverdier.

Den underliggende og mest sentrale forutsetning i generelle likevektsmodeller er at økonomien initialt er i likevekt og at referansedatasettet representerer en likevekts-situasjon. I modellens referansedatasett er denne initiale likevekten formalisert gjennom at hver kolonnesum i SAM-matrisen har en tilsvarende radsum, dvs. at det verken er tilbuds- eller etterspørselsoverskudd i økonomien.

Scenarioanalyser foretatt med likevektsmodellen handler i store trekk om å påføre økonomien eksogene sjokk gjennom å endre på de eksogent spesifisert verdiene i

modellen. I våre analyser av endrede velferdsvirkninger som følge av ny ferjefri E39 endrer vi infrastrukturen i de eksogene inndataene fra transportmodellene. Deretter sammenligner vi modellens likevektstilstander før og etter endring i infrastruktur.

Det er få folk og varer som har selve forflyttingen som mål. I de aller fleste tilfeller reiser folk og gods for å realisere muligheter på andre lokaliteter. Vi sier at etterspørselen etter transport er avledet av etterspørselen etter andre varer og aktiviteter. Eksempelvis er pendling avledet av forholdet mellom etterspørselen etter arbeidskraft på en lokalitet og tilbudet av arbeid på en annen lokalitet. Å behandle etterspørselen etter transport som en avledet etterspørsel av etterspørselen etter andre produkter og tjenester i økonomien, krever at vi har en økonomi å avlede transportetterspørselen fra. For å fullt ut kunne analysere sammenhengen mellom transport av varer og tjenester, infrastruktur og økonomien som helhet, må et modellverktøy fange alle sektorene i økonomien og ha en geografisk dimensjon. SCGE-modeller er et slikt verktøy.

Transportinfrastruktur kan ansees som en innsatsfaktor i produksjonen av transporttjenester, mens transporttjenester kan ansees som en innsatsfaktor i produksjonen av innsatsvarer, sluttprodukter og andre tjenester i økonomien. En investering i ny infrastruktur, eller en utbedring av eksisterende infrastruktur, medfører som regel reduserte reisetider og reduserte direkte distanseavhengige kostnader både for personer og varer, dvs. en reduksjon i prisen på innsatsfaktoren transporttjenester i produksjonen av andre varer og tjenester i økonomien. SCGE-modeller favner hele økonomien og erkjenner at en eksogen endring i en sektorkan produsere ringvirkninger i andre sektorer i økonomien, noe som gjør denne typen modeller spesielt godt egnet til å analysere sammenhengen mellom transportsektoren og økonomien for øvrig (SACTRA 1999; Tavasszy, Thissen et al. 2002; Vickerman 2007; Lakshmanan 2010).

4 Overordnet struktur i det utviklede SCGE –modellsystemet

4.1 Innledning

Modellen som er utviklet og anvendt i dette prosjektet bygger på eksisterende SCGE modeller utviklet av prosjektgruppen, som PINGO (Ivanova, Vold et al. 2002; Vold and Jean-Hansen 2007), RAEM (Ivanova, Heyndrickx et al. 2007), RHOMOLO (Brandsma, Ivanova et al. 2011) og TIGER (Heyndrickx, Koops et al. 2011), samt en pågående videreutvikling av PINGO-modellen (Hansen 2010; Hansen and Ivanova 2012). Således kan en si at den utviklede SCGE -modellen tilhører RAEM -familien av SCGE -modeller.

I dette kapitlet vil vi presentere noen hovedsammenhenger i det utviklede modellverktøyet. Vi vil også gå igjennom modellens database, sone-, sektor- og vareinndeling.

SCGE –modellens ligningssett og tilhørende notasjon er presentert i vedlegg 1 og vedlegg 2.

4.2 Modellens database

Modellens database består av følgende elementer:

- SAM-matrisen
- Regionale produksjons- og sysselsettingsdata
- Godsstrømmer og transportkostnader
- Persontransportstrømmer og transportkostnader
- Vekstrater fra MSG

I de følgende avsnittene beskrives hvert element i databasen nærmere.

4.2.1 Referansedatasett

SAM (Social Accounting Matrix) er modellens referansedatasett hvor alle transaksjonene i økonomiene er uttrykt for et basisår. SAM-matrisen er startpunktet i all anvendt generell likevektsmodellering og uttrykker transaksjonsflyten i et sosioøkonomisk system. SAM –matrisen er en formalisering av det økonomiske kretsløpet i økonomien, hvor hver utgift til hver agent i modellen har en motsvarende inntekt og all produksjonen av alle produkter har et motsvarende forbruk. En grunnleggende forutsetning i anvendt generell likevektsmodellering er at SAM-matrisen uttrykker en initial likevektstilstand i økonomien.

Modellen tar utgangspunkt i en nasjonal SAM-matrise med 2008 som basisår. Matrisen er konstruert fra tilbuds- og anvendelsestabellene i nasjonalregnskapet² og balansert slik at hver kolonnesum har en tilsvarende radsum. Den nasjonale SAM-matrisen regionaliseres ved hjelp av sone- og næringsspesifikke data:

- Sysselsettingsdata
- lønnskostnader
- bruttoprodukt
- bruttoinvesteringer

I tillegg anvendes sonespesifikke data for husholdningene disponible inntekt. De regionale dataene er i hovedsak hentet fra fylkesvis nasjonalregnskap publisert av SSB.

4.2.2 Godsstrømmer og godstransportkostnader

SCGE-modellen krever data for vareflyten mellom hver sone i modellen, samt kostnadene knyttet til vareflyten. Den varespesifikke flyten mellom hver handelsrelasjon med tilhørende transportkostnader er hentet fra det nasjonale godsmodellsystemet (heretter kalt *Logistikkmodellen*) (de Jong and Ben-Akiva 2007). Fra Logistikkmodellen er det trukket ut vareflyt for hver vare i modellen mellom og internt i hver sone, samt tids- og distanseavhengige handelskostnader. Det er utarbeidet matriser for basis- og alternativscenariet med fullt utbygd ferjefri E39. Godstransportkostnadene består av en kilometeravhengig- og en tidsavhengig komponent. Den kilometeravhengige komponenten er i hovedsak drivstoff- og energikostnader, og er beregnet som antall kjørte kilometer multiplisert med kostnaden pr. kilometer, mens de tidsavhengige kostnadene i hovedsak består av mannskapskostnader og kapitalkostnader ved kjøretøyparken. Tabellen under viser de ulike kostnadskomponentene som inngår i godstransportkostnaden:

Tabell 4-1: Kostnadskomponenter i godstransportkostnaden, hentet fra TØI-rapport 970/2008.

Distanseavhengige kostnader	Tidsavhengige kostnader	Øvrige kostnader
Drivstoff	Lønninger	Bompenger
Dekk	Kapital (renter og avskrivninger)	Ferjetakst
Reparasjon	Forsikring	
Smøreolje	Årsavgift	
Vedlikehold		

I logistikkmodellen er transportkostnadene beregnet for ulike typer kjøretøy. SCGE –modellen skiller ikke på type kjøretøy, så til vårt formål er transportkostnadene aggregert over kjøretøygruppene. Viktig er det kanskje også å merke seg at kostnadene relatert til tomkjøring ikke er inkludert i logistikkmodellen, og da følgelig heller ikke i SCGE –modellen.

4.2.3 Persontransportstrømmer og transportkostnader

Modellen benytter persontransportstrømmer og tilhørende transportkostnader fra det nasjonale persontransportmodellsystemet. Det er innhentet, bearbeidet og

² SSB har produsert tilgangs- og anvendelsestabeller med vareinndeling som tilsvarer vareinndelingen i Logistikkmodellen

anvendt matriser for en referanseløsning med dagens transportsystem og en alternativ matrise med fullt utbygd ferjefri E39. Den nye infrastrukturen er kodet i nettverket i persontransportmodellsystemet og modellsystemet er anvendt til å generere alternativtilstanden med fullt utbygd E39.

Persontransportmodellsystemet består av en nasjonal modell for reiser over 10 mil og 5 regionale modeller for reiser under 10 mil. Summen av disse 6 gir samlet nasjonal persontransport. Den nasjonale modellen har en soneinndeling som består av aggregater av grunnkretser som gir totalt 1428 soner, mens de regionale modellene har en soneinndeling på grunnkrets nivå. Det er drøyt 13 000 grunnkretser i Norge.

E39-modellen er en regional delområdemodell som dekker vestlandskysten og fylkene fra Vest-Agder til Sør-Trøndelag. Denne modellen er benyttet for å beregne endringer i korte reiser. Resultatene fra E39-modellen er supplert med resultater fra den nasjonale persontransportmodellen, ved å benytte både en regional modell og den nasjonale modellen er det generert nasjonalt dekkende turmatriser, noe som er en nødvendighet for å benytte persontransportdata i SCGE-modellen.

Reisekostnader mellom norske fylker kan ikke finnes fra regionale modeller fordi de bare dekker et begrenset område. Derfor må den nasjonale langdistansmodellen brukes. Hvert fylke består av en mengde soner. Reisekostnader mellom fylker kan beregnes som den aritmetiske middelverdien av reisekostnadene mellom soner i fylker, men dette gir ingen kobling mellom reisekostnader og reiseaktivitet. Derfor er det valgt å vekte reisekostnadene mellom soner med antall reiser på sonerelasjonen.

LOS-data er data som inneholder såkalt LEVEL OF SERVICE. Dette er tidsbruk, avstand og direkte utlegg til bom- og ferge for personbiltrafikken. Vi har fått LOS-data fra den nasjonale modellen fra Rambøll for henholdsvis et basisscenario og et tiltaksscenario. Vi har videre fått turmatriser for bilfører fra den regionale delområdemodellen E39 og fra den nasjonale modellen for henholdsvis basisscenario og tiltaksscenario. Rambølls modellkjøringer har beregningsår 2020.

Disse turmatrisene er supplert med turmatriser for bilfører fra grunnprognosene beregningsår 2024 for de 5 regionene. Disse turmatrisene er nedskalert med 5 % for å tilsvare beregningsår 2020. I følge grunnprognosene er forventet trafikkvekst for korte bilturer ca. 7 % mellom 2018 og 2024.

Alle turmatriser fra regionale modeller er aggregert opp til soneinndelingen i nasjonale modell. For relasjoner som dekkes av delområdemodellen E39 hentes de regionale turene fra denne modellen. Øvrige regionale turer under ti mil hentes fra grunnprognoseberegningene. De regionale turene er segmentert på reisehensiktene Arbeid, Tjeneste og Fritid. De lange reisene kommer fra nasjonal modell.

LOS-data for relasjoner i nasjonale modell multipliseres med totalt antall turer mellom samme relasjoner. Deretter aggregeres sum turer og produktet av sum turer og LOS-data til fylker. Deretter divideres fylkesaggregatet av produktet av sum turer og LOS-data med fylkesaggregatet av sum turer, noe som gir vektet gjennomsnittlig LOS-data mellom fylker. LOS-data rapporteres som reisetid i minutter, reisedistanse i kilometer og direkte utlegg i kroner med kroneverdi anno estimeringsåret 1999. Turene rapporteres som regionale arbeidsreiser, tjenestereiser og fritidsreiser samt nasjonale lange reiser over 10 mil. Benevninger er ÅDT.

Vi har valgt å følge Cowi (2010) sin anbefaling om å realprisjustere tidsverdiene med utviklingen i disponibel realinntekt korrigert med tidsverdiens inntektselastisitet. Cowi (2010) anbefaler elastisitetsverdier på 1 for tjenestereiser og 0,8 for alle andre

reishensikter.³ Perspektivmeldingen 2013 presenterer historiske utvikling og prognoser for utviklingen i disponibel realinntekt per innbygger. For perioden 2004 – 2011 var den gjennomsnittlige årlige veksten i disponibel realinntekt i 2.2 % , mens prognosene for perioden 2011 – 2060 er 1.4 % årlig vekst. De justerte tidsverdiene er benyttet til å beregne tidsavhengige kostnader for hver reishensikt og relasjon, mens de distanseavhengige kostnadene er KPI justert opp til 2020 nivå gjennom lineær framskrivning av KPI 1990 – 2012. De lange reisene er segmenter etter reishensikt i henhold til Samstad mfl. (2004).

4.2.4 Vekstrater

Modellens referansedatasett har 2008 som basisår. I analysene av de makroøkonomiske effektene av ny infrastruktur langs E39 er det antatt at ferjeavløsningene står ferdig i år 2020. For å justere opp referansedatasett til 2020-verdier har vi benyttet vekstratene som ligger til grunn for regjeringens perspektivmelding 2013 (Finansdepartementet 2013). Disse vekstratene er beregnet ved bruk av den generelle likevektsmodellen MSG. Vi har innhentet vekstrater for:

- Bruttoinvesteringer (sektorvis)
- Timeverksproduktivitet (sektorvis)
- Antall utførte timeverk (sektorvis)
- Bruttoprodukt (sektorvis)
- Import (vare)
- Eksport (vare)
- Husholdningenes konsum (vare)
- Offentlig konsum (vare)

4.3 Soner, sektorer og varer

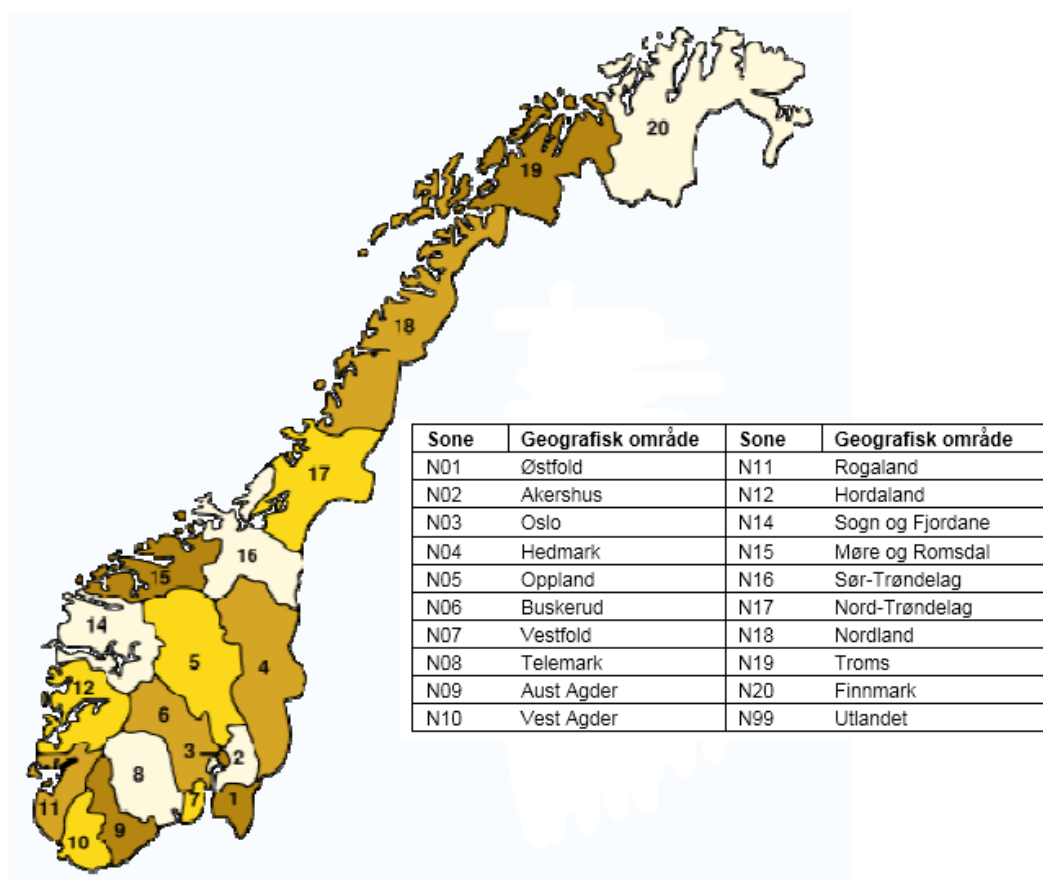
I de påfølgende avsnittene presenteres den geografiske oppdelingen av SCGE – modellen, samt modellens sektor- og vareinndeling.

4.3.1 Soner

Den versjonen av SCGE -modellen som er benyttet i arbeidet med denne rapporten opererer med totalt 20 soner: 19 innenlandske soner tilsvarende fylkesnivå og 1 utenlands sone for eksport og import.

Tabellen og kartet under viser modellens geografiske dimensjon.

³ Vi er kjent med at Hagenutvalget (NOU 2012:16) anbefaler elastisitetsverdier lik 1 for alle reishensikter, men har valgt å følge COWI sin anbefaling.



Tabell 4-2: Soner i SCGE-modellen

4.3.2 Sektorer

Modellsystemet består av 21 vare- og serviceproduserende sektorer

Tabell 4-3: SCGE –modellens sektorinndeling

Modellkode ⁴	Næring
A1	Jordbruk
A2	Skogbruk
A3	Fiske, fangst og akvakultur
B	Bergverksdrift og oljeutvinning
C1	Nærings-, drikkevare og tobakksindustri
C2	Tekstil-, beklednings- og lærvareindustri
C3	Trelast- og papirindustri
C4	Trykking og reproduksjon av innspilte opptak
C5	Oljeraffinering, kjemisk og farmasøytisk industri
C6	Produksjon av gummi-, plast. og mineralprodukter
C7	Produksjon av metaller
C8	Produksjon av metallvarer, datamaskiner og elektroniske produkter, elektrisk utstyr, maskiner og utstyr ellers
C9	Produksjon av transportmidler
C10	Produksjon av møbler og annen industriproduksjon
C11	Reparasjon og installasjon av maskiner og utstyr

⁴ Modellens sektorkode refererer til SSB sin standard for næringsgruppering (SN 2007): http://www.ssb.no/a/publikasjoner/pdf/nos_d383/nos_d383.pdf

DE	Elektrisitets-, gass- og varmtvannsforsyning, vannforsyning avløp og renovasjon
F	Bygge- og anleggsvirksomhet
G	Varehandel og reparasjon av motorvogner
H	Transport, lagring, post og distribusjonsvirksomhet
IJKLMN	Annen privat tjenesteyting
OPQRS	Annen offentlig tjenesteyting, kulturell virksomhet og fritidsaktiviteter

4.3.3 Varer

De 21 sektorene i modellen produserer 37 varer og serviceprodukter.

Tabell 4-4: SCGE –modellens vareinndeling

Modellkode	Type	Vare / serviceprodukt
1	Vare	Bulk mat
2	Vare	Konsum mat
3	Vare	Drikkevarer
4	Vare	Fersk fisk
5	Vare	Frossen fisk
6	Vare	Bearbeidet fisk
7	Vare	Termo innsatsvarer og levende dyr
8	Vare	Termo konsumvarer
9	Vare	Maskiner og utstyr
10	Vare	Kjøretøyer
11	Vare	Høyverdivarer
13	Vare	Bygningsmaterialer
14	Vare	Diverse stykkgoods, innsatsvarer
15	Vare	Konsumvarer
1617	Vare	Sagtømmer og massevirke
1819	Vare	Tremasse, flis og papir
20	Vare	Treprodukter
21	Vare	Trykksaker
22	Vare	Sand, grus og stein
23	Vare	Mineraler og malmer
24	Vare	Sement og kalk
25	Vare	Massevarer
2627	Vare	Kjemiske produkter og gjødsel
28	Vare	Metaller
29	Vare	Aluminium
3031	Vare	Råolje og naturgass
32	Vare	Raffinerte petroleumsprodukter
A016	Serviceprodukt	Servicevarer relatert til jordbruk og skogbruk
A03213	Serviceprodukt	Servicevarer relatert til fiske, fangst og akvakultur
B091	Serviceprodukt	Servicevarer relatert til olje, gassutvinning og bergverksdrift
C	Serviceprodukt	Reparasjon og installasjon av maskiner og utstyr
DE	Serviceprodukt	Elektrisitets-, gass- og varmtvannsforsyning, vannforsyning, avløp og renovasjon
F	Serviceprodukt	Bygge- og anleggsarbeid
G	Serviceprodukt	Varehandel og reparasjon av motorvogner
H	Serviceprodukt	Transportarbeid og lagerservicer, post og distribusjonsarbeid
IJKLMN	Serviceprodukt	Andre private tjenesteprodukter
OPQRS	Offentlige tjenester	Offentlige tjenesteprodukter og kulturelle tjenester.

De totalt 37 produktkategoriene fordeler seg på 27 varer, 9 serviceprodukter og 1 offentlig tjenesteprodukt.

Varestrømmene mellom regionene i modellen og de tilhørende kostnadene knyttet til vareflyten er hentet fra Logistikkmodellen (de Jong and Ben-Akiva 2007).

Til hver av de 27 varene i modellen er det knyttet godsmengder og transportkostnader på hver av handelsrelasjonene. For serviceproduktene er det ikke godsmengder og tilhørende transportkostnader. Varegruppene i likevektsmodellen tilsvarer varegruppene i det nasjonale godsmodellsystemet, med unntak av varene 7, 1617, 1819, 2627 og 3031. Disse varene er aggregater av henholdsvis vare 7+12, 16+17, 18+19, 26+27 og 30+31 i den nasjonale godsmodellen.

4.4 Husholdninger

Vi antar at konsumentenes preferanser kan representeres gjennom preferansene til én representativ konsument i hver region i modellen. Denne representative husholdningen representerer adferden til hele populasjonen i regionen. Adferden til konsumentene er basert på forutsetningen om nyttemaksimerende rasjonelle aktører.

Konsumenten maksimerer sin nyttefunksjon (U_r) gitt sitt tilgjengelige budsjett. Vi antar kvasi-homotetiske preferanser. Homotetiske preferanser innebærer at det er en lineær sammenheng mellom konsumentens forbruk av en bestemt vare og hans inntekt, en k-dobling av inntekten leder til en k-dobling av forbruket. Når preferansene er kvasi-homotetiske vil det si at de lineære Engel-kurvene ikke nødvendigvis går gjennom origo. Disse forutsetningene er satt i praktisk anvendelse gjennom antagelse om et lineært utgiftssystem (LES). LES-nyttefunksjoner, ofte omtalt som Stone-Geary funksjoner (Klein and Rubin 1947; Geary 1950; Stone 1954), kan uttrykkes både som varianter av Cobb-Douglas funksjoner og CES funksjoner. Den første varianten er valgt her:

$$U_r = \zeta_r \prod_i (Q_{ir} - \underline{Q}_{ir})^{\alpha H_{ir}} \quad (1)$$

Hvor $0 < \alpha H_{ir} < 1$, $\sum_i \alpha H_{ir} = 1$ og $(Q_{ir} - \underline{Q}_{ir}) > 0$.

Uttrykket i parentesene i nyttefunksjonen (1) viser utgiftsnivået utover eksistensminimumsutgiften, hvor Q_{ir} er totalt kvantum konsumert og \underline{Q}_{ir} konsum for å opprettholde eksistensminimum. Parameteren ζ er en skaleringsparameter og αH_{ir} uttrykker den marginale utgiftsandelen for hver vare i . Fra uttrykket for nyttefunksjonen (1) kan vi se at denne varianten av LES-funksjonen er lik en Cobb-Douglas funksjon definert over variablene $(Q_{ir} - \underline{Q}_{ir})$, noe som innebærer at konsum over eksistensminimum blir allokert i henhold til standard Cobb-Douglas preferanser hvor substitusjonselastisiteten er lik 1.

Husholdningenes konsumbudsjett (2), B_r , er beregnet som nettoinntekt pluss overføringer fra det offentlige til private minus privat sparing og utlegg til transport:

$$B_r = Y_r(1 - ty_r) + T_{gr} - S_r - \sum_{rr} (lcomm_{r,rr} \times tcomm_{r,rr}) - \sum_{rr} (ltrips_{r,rr} \times ltrips C_{r,rr}) \quad (2)$$

Hvor Y_r ($1-t_y$) uttrykker disponibel inntekt, T_{gr} er overføringer fra offentlige myndigheter til husholdningene, mens S_r er sparing. Utleggene til transport er gitt ved antall pendlingsreiser ($lcomm$) multiplisert med den generaliserte reisekostnaden for pendlingsreiser ($tcomm$), tilsvarende er antall fritidsreiser gitt ved $ltrips$ og den monetære kostnaden ved fritidsreiser gitt ved $ltripsC$.

Etterspørselsfunksjonen (3) finner vi ved å løse konsumentenes optimeringsproblem:

$$P_{ir}(1+tc_i)Q_{ir} = \alpha H_{ir}(B_r - \sum_i Q_{ir} P_{ir}(1+tc_i)) + P_{ir}(1+tc_i)Q_{ir} \quad (3)$$

Her er P_{ir} prisen på vare i , i region r . Forbruket utover eksistensminimum er gitt ved $B_r - \sum_i Q_{ir} P_{ir}(1+tc_i)$, som allokeres i faste andeler over varene. Den marginale utgiftsandelen (αH_{ir}) angir helningen på den lineære sammenhengen mellom inntekt og utgifter.

Husholdningene eier den sektorspesifikke realkapitalen K_{sr} som de leier ut til rente RK_{sr} , og tilbyr arbeidskraft L_{sr} til pris w_{sr} . Bruken av disse to innsatsfaktorene (kapital og arbeidskraft) utgjør husholdningenes inntekt (4):

$$Y_r = \sum_s (w_{sr} L_{sr} + RK_{sr} K_{sr}) \quad (4)$$

Formuleringen av Y_r gjengitt her er en forenkling av modellformuleringen da også arbeidskraft som pendler fra region r til region rr er inkludert i formuleringen av husholdningenes inntekt i region r .

Husholdningene sparer en fast andel av sin totale inntekt, denne faste andelen er avhengig av deres marginale tilbøyelighet til sparing:

$$S_r = mps(Y_r(1-t_y) + T_{gr}) \quad (5)$$

Den totale sparingen (5) i hver periode investeres i sektorspesifikk fysisk realkapital, som antas immobil mellom sektorene. De totale investeringene i sektorspesifikk kapital blir benyttet til anskaffelse av ulike typer kapitalvarer. Fordelingen av etterspørselen etter de ulike typene fysisk realkapital avgjøres ved maksimering av nytten til den virtuelle investeringsbanken. Dette er en kunstig agent i modellen som er ansvarlig for sektorspesifikke investeringer.

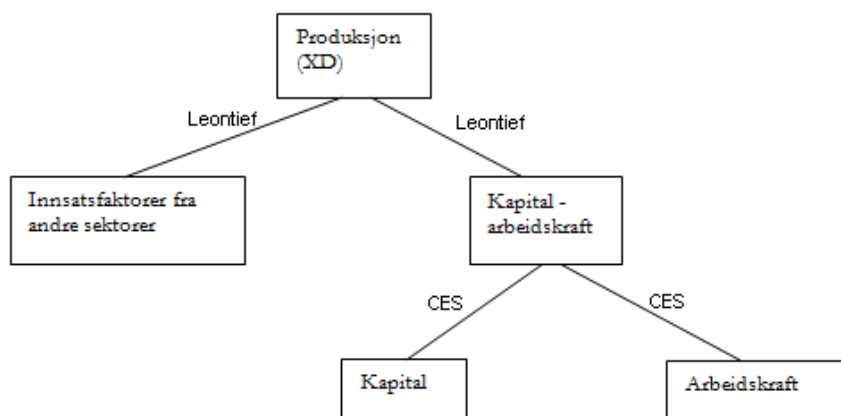
4.5 Bedrifter

Modellen inkluderer 21 vare- og serviceproduserende sektorer (Tabell 4-2) som benytter arbeidskraft, kapital og vareinnsats i produksjonen av sine produkter og tjenester. I modellen er sektorene i økonomien fordelt i to grupper: tradisjonelle og moderne sektorer. Tradisjonelle sektorer opererer under perfekt konkurranse og konstant skalautbytte, hvor prisen på varene er lik deres marginale produksjonskostnad, mens bedrifter i moderne sektorer opererer under monopolistisk konkurranse og tiltakende skalautbytte.

Under markedsformen monopolistisk konkurranse antas det at hver sektor består av et antall identiske bedrifter som produserer unike varianter av samme produkt. Variantene kan til en viss grad substituere hverandre. Hver bedrift produserer en variant. Dette kalles Dixit-Stiglitz varianter. Denne markedsformen gir hver enkelt bedrift en viss markedsrett over konsumentene, da noen konsumenter har preferanser for enkelte varianter framfor andre, og følgelig er beredt til å betale litt mer for akkurat den varianten, noe som resulterer i pris høyere enn marginalkostnaden. Konsumentene har ulike preferanser for ulike varianter av produktene. Den representative husholdningen i hver region fordeler sitt konsum av de ulike variantene av et produkt likt mellom alle variantene.

Faktaboks: Monopolistisk konkurranse som forutsetning	
•	En form for imperfekt konkurranse som noen ganger løst omtales som merkevarekonkurranse
•	Mange små tilbydere med en viss markedsrett i hver sektor
•	Produsentene selger varer som er nære men ikke perfekte substitutter
•	Imperfekt informasjon
•	Profittmaksimerende produsenter
•	Lave etableringshindringer på kort sikt, ingen etableringshindringer på lang sikt
•	Pris > marginalkostnad, noe som medfører lavere produksjon enn hva som er samfunnsøkonomisk effektivt

Bedriftene i modellen opptrer som profittmaksimerende rasjonelle aktører. Analogt med antagelsen om en representativ konsument i hver region, så antas det en representativ bedrift i hver sektor i hver region. I de moderne sektorene produserer den representative bedriften et gitt antall varianter av produktet, antall varianter er lik antall bedrifter i hver sektor i hver region. Bedriftenes produksjonsteknologi er representert gjennom en kjedet CES-Leontief produksjonsstruktur. Bedriftene benytter arbeidskraft, fysisk realkapital og varer og tjenester fra andre sektorer som innsatsfaktorer i produksjonen.



Figur 4-1: Sektorvis produksjonsteknologi

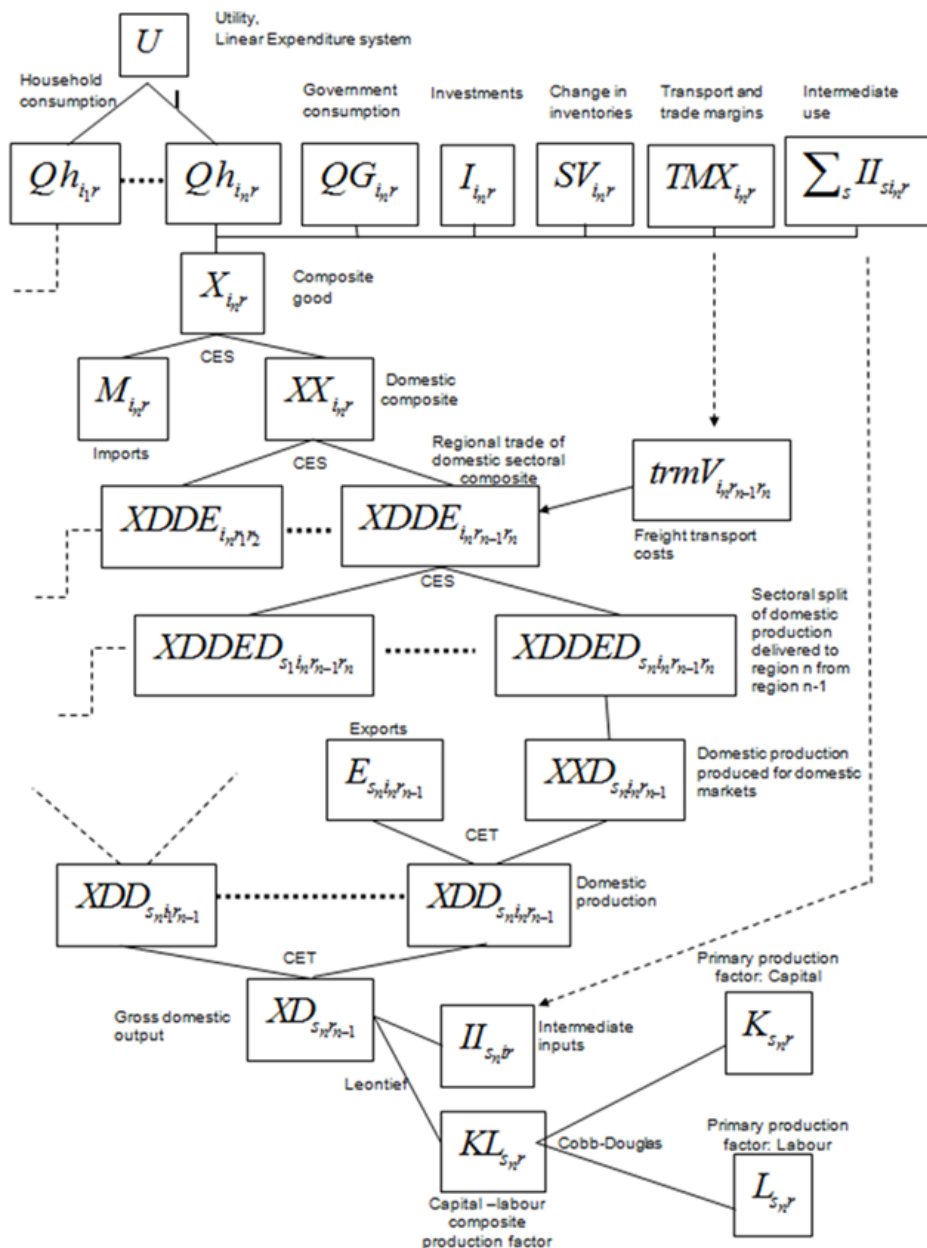
På øverste nivå i produksjonsstrukturen antar vi Leontief teknologi, dette innebærer at det ikke er substitusjonsmuligheter mellom innsatsfaktorer fra andre sektorer og kapital-arbeidskrafts sammensetningen. Det antas heller ikke noen substitusjonsmulighet mellom innsatsfaktorene fra ulike sektorer. På nivå 2 i produksjonsstrukturen antar vi CES-teknologi med substitusjonsmuligheter mellom kapital og arbeidskraft innenfor hver sektor. For hver tidsperiode vil den momentane adferden til sektorene basere seg på minimering av produksjonskostnadene for et gitt

produksjonsnivå og produksjonsteknologi. Nivået på sektorens produksjon er lik den aggregerte etterspørselen etter varene sektoren produserer.

4.6 Tilbud = etterspørsel

Figuren under gir et skjematisk bilde av de nestede tilbuds- og etterspørselssammenhengene i modellen, og illustrerer hvordan etterspørselen er lik tilbudet av varer i modellen.

På tilbudssiden i modellen (nederste del av figur 4-2), så kombineres kapital, arbeidskraft og innsatsvarer for å gi innenlandsk sektorvis regionalt bruttoprodukt ($XD_{s,r}$). Sektorene produserer flere varer ($XDD_{i,s,r}$) hvor en andel eksporteres ($E_{i,s,r}$) og en andel produseres for hjemmemarkedet ($XXD_{i,s,r}$). På etterspørselssiden i modellen (øverste del av figur 4-2), så er det samlede konsumet av varer i en region ($X_{i,r}$) lik summen av etterspørselen etter innenlandsk produserte varer ($XX_{i,r}$) og importerte varer ($M_{i,r}$). Etterspørselen etter innenlandsk produserte varer er et aggregat av region 1 sin etterspørsel etter varer fra alle andre innenlandske regioner i modellen, inkludert egen region ($XDDE_{i,r,rr}$), som igjen splittes i sektorer ($XDDED_{i,s,r,rr}$). Tilbudssiden møter etterspørselssiden ved at andelen varer fra hver sektor i hver region produsert for hjemmemarkedet ($XXD_{i,s,r}$) er lik andelen innenlandske varer etterspurt fra sektor og region ($XDDED_{i,s,r,rr}$).



Figur 4-2: Skjematiske framstilling av de nestede tilbuds- og etterspørselsammenhengene i SCGE –modellen (Hansen and Ivanova 2012).

Modellen antar videre at omsetningen i tjenestesektorene i de ulike sonene i modellen er lik produksjonen i den spesifikke tjenestesektoren i sonen. Vi antar følgelig at det ikke er handel med tjenester på tvers av regionene i modellen. Dette er en streng forutsetning som begrunnes ut i fra mangelen av tilgjengelig data for handel med tjenester mellom fylker.

5 Modellberegnete makroøkonomiske effekter

5.1 Innledning

I denne delen av rapporten presenteres resultatene fra analysene utført med SCGE-modellen for ny ferjefri E39. Analysene er foretatt på et transportnettverk hvor alle tidligere fergekryssinger langs E39 er erstattet med broforbindelser eller tunneler. I resultatene som presenteres er basistilstanden i vegnettet, dvs. situasjonen slik den foreligger før vegutbedringene, sammenlignet med alternativtilstanden hvor alle ferjestrekningene er erstattet med faste forbindelser. I transportnettverket er det ikke tatt hensyn til ytterligere veiutbedringer i tillegg til fergeavløsningsprosjektene.

Det presenteres resultater for 2 alternativscenarier: *alt4_bom* hvor det er antatt at de nye fjordkrysningene finansieres ved bompenger, og *alt4_bomfritt* hvor det antas at fjordkrysningene ikke bomfinansieres. I analysene foretatt på det bompengebelagte alternativet, har vi antatt en bompengesats på de ulike strekningene som tilsvarer +40% av tidligere personbiltakst med ferge. Tilsvarende har vi antatt at godstrafikken belastes med bompenger tilsvarende +40% av tidligere fergetakst for tunge kjøretøyer.

5.2 Anvendelse av SCGE –modellen

For å favne de totale samfunnsøkonomiske nyttevirkningene av ny ferjefri-E39, er det et sett av forutsetninger som må oppfylles i SCGE -modellen:

1. Modellen må avvike fra forutsetningen om perfekt konkurranse og konstant skalautbytte i alle markeder
2. Modellen må ha en geografisk dimensjon, dvs. at interaksjonen mellom ulike geografiske regioner må tas hensyn til i modelleringen
3. Modellen må ta hensyn til at de fysiske innsatsfaktorene er mobile mellom sektorer og regioner. Dette innebærer at flyt av varer, så vel som personer, mellom sektorer og regioner modelleres.

En av fordelene ved SCGE –modeller er deres evne til å sammenligne ulike likevektstilstander. I vår sammenheng sammenligner vi likevektstilstanden før en infrastrukturinvestering med likevektstilstanden etter at økonomien er påført en eksogen endring av transportvolum og transportkostnader som følge av investeringen. Hovedresultatet fra modellanalysen er sammenligningen av velferden til konsumentene i de ulike likevektstilstandene.

Følgende likevektstilstander sammenlignes i modellanalysen:

- Likevekt forut for veginvesteringen (0-alternativ)
- Likevekt etter veginvestering under antakelse om fullkommen konkurranse i alle sektorer

- Likevekt etter veginvestering under antakelse om monopolistisk konkurranse i industrisektorene

I SCGE –modellanalysene beregnes **direkte nytte** gjennom å sammenlikne likevektstilstandene i 0-alternativet med likevektstilstanden etter vegutbyggingen hvor det i denne analysen er antatt fullkommen konkurranse i alle markeder.

Total nytte fremkommer gjennom sammenlikning av 0-alternativet og alternativscenariot hvor det er antatt monopolistisk konkurranse i industrisektorene.

Indirekte nytte (mernytte) (netto ringvirkninger) fremkommer som differansen mellom total nytte og direkte nytte.



Nyttevirkningene i SCGE –modellanalysen er beregnet gjennom bruk av konseptet *kompensert variasjon*. Kompensert variasjon (CV) og ekvivalent variasjon (EV) er to alternative metoder for å måle endringer i en befolknings velferd (nytte) som følge av en prisendring. Enkelt forklart er CV et uttrykk for hvor mye husholdningens inntekt må justeres for å oppnå det opprinnelige nyttenivået de hadde før endringen i infrastruktur, dvs. det maksimale konsumentene er villig til å betale for å oppnå velferdsendringen.

5.3 Inngangsdata ferjefri-E39

Tabellen under viser årlige aggregerte differanser mellom alternativscenariene og basisalternativet for henholdsvis endringer i innenlandske transportkostnader, transportkostnader knyttet til import og eksport, og korte arbeidspendlingsturer. Tallene i tabellen er nasjonale aggregater av matrisene som benyttes som inngangsdata i SCGE –modellen, og er hentet fra modellkjøringer med de nasjonale gods- og persontransportmodellene.

Tabell 5-1: Differanser i aggregerte godstransportkostnader (NOK) og daglige (ÅDT) korte pendlingsturer mellom basisalternativet og bombelagt og bomfritt alternativscenario. Tall aggregert fra resultatmatriser fra gods- og persontransportmodellene.

	Alt4_bom	Alt4_bomfritt
Innenriks godstransport	-95 mill NOK	-754 mill NOK
Import	-3.9 mill NOK	-35.2 mill NOK
Eksport	-2.8 mill NOK	-22.7 mill NOK
Arbeidspendling < 100 km. (ÅDT)	-275	+63
Arbeidspendling > 100 km (ÅDT)	+118	+412
Fritidsreiser < 100 km (ÅDT)	+ 270	+1387
Fritidsreiser > 100 km (ÅDT)	+289	+1013
Tjenestereiser < 100 km (ÅDT)	+1	+130
Tjenestereiser > 100 km (ÅDT)	+83	+292

Tabell 5.1 viser at de nasjonale innenriks godstransportkostnadene årlig vil reduseres med henholdsvis 95 mill. NOK (*alt4_bom*) og 754 mill. NOK (*alt4_bomfritt*) ved investering i 7 nye fjordkryssinger langs E39. Av tabellen ser vi at bomfrie passeringer over alle de nye fjordkryssingene vil gi om lag 8 ganger større reduksjon i innenriks godstransportkostnader sammenliknet med bombelagte fjordkryssinger.

Noe overraskende viser tabellen at bombelagt full utbygging av E39 reduserer de summerte verdiene for nasjonale pendlingsturer med 275 turer i døgnet. Bomfrie passering øker de daglige korte arbeidspendlingsturene med i gjennomsnitt 63 turer per døgn. For persontransporten ser vi gjennomgående at transportmodellen beregner størst effekt for lange regionale turer, og aller størst transportmodellberegnet effekt ventes det for fritidsreiser⁵.

De aggregerte differansene i transportkostnader presentert i tabell 5.1 indikerer at tiltaket i stor grad vil påvirke de lange regionale transportene, og i mindre grad de korte arbeidspendlingsturene. Denne merknaden samsvarer med Rambøll (2014) hvor det antydes at utbyggingen langs E39 i stor grad vil påvirke trafikken utenfor de store byområdene og gi effekter for de lengre regionale reisene.

SCGE –modellen benyttes til å analysere de regionaløkonomiske effektene av endringene vist i tabellen over, men hvor tabelldataene er gitt på fylkesnivå. Godstransportmatrisene som benyttes som inngangsdata i modellen viser transportkostnader og vareflyt mellom fylkespar, og internt i hvert fylke, for 28 aggregerte varegrupper. Persontransportmatrisene viser antall korte og lange turer for 3 reisehensikter (pendling, arbeid og fritid), tidskostnader, og direkte- og distanseavhengige kostnader. Matrisen gir antall turer og kostnader for turer mellom alle fylkespar, og internt i hvert fylke.

Tabell 5.1 viser aggregerte nasjonale differanser i transportkostnader mellom referansealternativet og konsept 4 – kun ferjefrie krysninger uten vegutbedringer. I tabell 5.2 ser vi nærmere på de korte arbeidspendlingsturene for et utvalg direkte berørte fylkesvise relasjoner.

Tabell 5-2: Differanser i korte arbeidspendlingsturer for et utvalg direkte berørte relasjoner

Relasjon ⁶	Alt 4_bom. Ending i ÅDT arbeidspendling < 100 km	Alt 4_bomfritt. Ending i ÅDT arbeidspendling < 100 km
11:11	-43	-29
11:12	-3	-11
12:11	-4	-12
12:12	24	38
12:14	0	5
14:12	0	4
14:14	5	49
14:15	13	18
15:14	17	21
15:15	- 271	- 4

Det gjennomgående bildet fra tabell 5.2 er at de nye fjordkryssingene ser ut til å bety svært lite for de korte arbeidspendlingsturene, og i henhold til dataene later det til at nye fjordkryssinger for en del av de aggregerte relasjonene leder til negativ

⁵ Kapittel 4.2.3 gir en gjennomgang av hvordan persontransportmodellfilene er behandlet i forkant av aggregeringen vist i tabell 5.1 og 5.2

⁶ 11=Rogaland, 12=Hordaland, 14=Sogn og Fjordane, 15=Møre og Romsdal

trafikkutvikling. Mest oppsiktsvekkende er reduksjonen på 271 daglige reiser internt i Møre og Romsdal i det bombelagte alternativet.

Tabell 5-3: Differanser i lange reiser over 100 km, sum av alle reisehensikter

	Alt 4_bom. Ending i ÅDT reiser > 100 km, alle reisehensikter	Alt 4_bomfritt. Ending i ÅDT reiser > 100 km, alle reisehensikter
11:11	-17	-24
11:12	274	795
12:11	274	795
12:12	26	71
12:14	10	25
14:12	10	25
14:14	0	-5
14:15	11	45
15:14	11	45
15:15	12	35

Tabell 5.3 bekrefter bildet av at ny ferjefri E39 først og fremst har betydning for de lange regionale reisene, hvor vi finner størst økning i absolutte tall for reiser mellom Rogaland (11) og Hordaland (12).

Vi registrerer at det er uventede fall i ÅDT over noen relasjoner i de sammenstilte differansene gjengitt i tabell 5.1 – 5.3. Persontransportmatrisene som er benyttet som inngangsdata i SCGE –modellen er levert til oss av oppdragsgiver og deretter behandlet som skissert i kapittel 4.2.3. Vi har imidlertid ikke tilgang på det kodede nettverket som er benyttet for å framskaffe trafikk tallene fra persontransportmodellene, og begir oss derfor ikke ut på mulige forklaringer på hvorfor trafikken tilsynelatende faller mellom noen relasjoner.

I de påfølgende avsnittene presenteres det modellberegnete totale samfunnsøkonomiske effekter på henholdsvis endringer i godstransport og endringer i persontransport. Summen av endringene utgjør de totale modellberegnete makroøkonomiske effektene av ny ferjefri E39.

5.4 Modellberegnete samfunnsøkonomiske effekter: godstransport

SCGE –modellen henter matriser over vareflyt og tilhørende godstransportkostnader fra det nasjonale godsmodellsystemet, både for basissituasjonen og alternativscenariene. Direkte- og indirekte nytteeffekter beregnes ved å sammenligne likevektsløsninger hvor det henholdsvis antas fullkommen konkurranse i alle markeder og likevektsløsninger hvor det antas monopolistisk konkurranse i primær- og industrisektorene⁷. Monopolistisk konkurranse er en markedsform hvor det er mange små selgere og mange små kjøpere av differensierte produkter, i motsetning til under forutsetningen om fullkommen konkurranse hvor produktene er homogene. Det kan dermed oppstå en viss markedsrett og pris høyere enn marginalkostnaden.

⁷ I resultatene vist i tabell 5.4 er det for de indirekte- og totale nytteeffektene antatt monopolistisk konkurranse i alle primær- og industrisektorene unntatt sektorene C3, C9 og C11 (jmfør Tabell 4.3), i disse industrisektorene er det antatt fullkommen konkurranse. Dette er sektorer som i tilgangs- og anvendelsestabellene for 2008, hentet fra nasjonalregnskapet, har negativt driftsresultat på nasjonalt nivå.

Tabell 5.4 viser de direkte- indirekte og totale godsnytttevirkningene av ny ferjefri E39. Summen av de regionale indirekte nytteeffektene utgjør netto ringvirkningene av endrede godstransportkostnader.

Tabell 5-4: Modellberegnete direkte-, indirekte- og totale godsnyttteffekter, år 2020 (2014 kr). Summen av de direkte og de indirekte nytteeffektene utgjør den totale nytten.

	Alt4_bom			Alt4_bomfritt		
	Direkte nytte	Indirekte nytte (mernytte)	Total nytte	Direkte nytte	Indirekte nytte (mernytte)	Total nytte
Østfold	7.1	1.5	8.6	39.9	3.3	43.2
Akershus	31.0	6.2	37.2	165.4	13.3	178.7
Oslo	57.7	10.7	68.4	247.3	21.3	268.6
Hedmark	6.7	1.9	8.7	44.5	4.2	48.7
Oppland	20.5	1.5	22.0	50.6	3.1	53.8
Buskerud	10.8	1.8	12.6	46.0	3.9	49.9
Vestfold	6.8	1.7	8.5	46.9	3.8	50.8
Telemark	5.6	1.1	6.8	26.9	2.4	29.3
Aust-Agder	2.4	0.4	2.9	12.2	1.0	13.2
Vest-Agder	7.7	0.7	8.4	36.9	1.7	38.6
Rogaland	203.2	10.3	213.4	720.4	20.7	741.1
Hordaland	135.7	6.3	142.0	479.0	15.5	494.4
Sogn og Fjordane	11.3	0.8	12.1	36.3	1.7	38.0
Møre og Romsdal	45.6	2.4	48.0	254.2	6.7	261.0
Sør-Trøndelag	20.2	2.9	23.1	194.9	7.3	202.2
Nord-Trøndelag	3.3	0.6	3.9	15.7	1.3	17.0
Nordland	8.6	1.8	10.4	57.8	4.2	62.1
Troms	4.9	1.4	6.3	24.7	3.1	27.8
Finnmark	1.5	0.2	1.7	7.3	0.5	7.8
Sum alle fylker	590.7	54.1	644.8	2506.8	119.5	2626.3

Fra tabellen ser vi at den totale godsnyttten er beregnet til å være i overkant av 4 ganger høyere i det bomfrie alternativet sammenlignet med det bombelagte alternativet. Både for *alt4_bom* og *alt4_bomfritt* kommer Rogaland og Hordaland ut med størst modellberegnet total nytte, etterfulgt av Oslo og Møre og Romsdal. Den relativt høye beregnede nytteeffekten for Oslo⁸, så vel som for Akershus, viser at ferjefri E39 kan ventes å gi nytteeffekter utenfor de direkte berørte regionene.

SCGE –modellen beregner netto ringvirkninger (mernytte) av endrede godstransportkostnader til å utgjøre 54.1 mill. Nok i 2020 for *alt4_bom* og 119.5 mill. NOK i 2020 for *alt4_bomfritt*. I prosent av direkte nytte utgjør dette henholdsvis 9.2% og 4.8% for de to investeringsalternativene. Av tabellen ser vi også at Oslo kommer ut med høyest modellberegnet indirekte nytte i begge alternativer, etterfulgt av Rogaland, Hordaland og Akershus. Mernyttebidraget fra endrede godstransportkostnader har utspring i økt produksjon og økt konkurranse i imperfekte markeder.

⁸ Det er korrigerert for «hovedkontoreffekter» i logistikkmodellen

Kartillustrasjonen under viser fylkesfordelte totale nyttevirknninger av endrede godstransportkostnader som følge av ny ferjefri-E39. Illustrasjonen viser det bomfrie beregningsalternativet med nye fjordkryssinger, hvor det er sett bort i fra øvrige vegutbedringer på strekningen.



Figur 5-1: Fylkesfordelte totale godsnyttevirknninger av ferjefri-E39. Beregningsalternativ alt4_bomfritt - kun nye fjordkryssinger.

Illustrasjonen i figur 5.1 gir et godt visuelt bilde på hvordan de totale godsnyttevirkningene for ferjefri E39 sprer seg utover de ulike norske fylkene. Tilsvarende beregninger for KVVU-Oslofjord viste at om lag 10% av de beregnede totale godsnytteeffektene av ny Oslofjordkryssing tilfalt Rogaland (Hansen, Engebretsen et al. 2014).

5.5 Modellberegnete samfunnsøkonomiske effekter: persontransport

Husholdningenes utgifter til arbeidspending og fritidsreiser inngår i deres budsjettbetingelse. Enkelt forklart, så øker konsumet av andre varer, og dermed nytten til husholdningene, når reiseutleggene reduseres. De generaliserte reisekostnadene består av reisetid, distanseavhengige- og direkte kostnader. For arbeidsreiser har vi antatt at redusert reisetid anvendes til produktivt arbeid og, med bakgrunn i denne antakelsen, inkludert reisetidsbesparelsen i husholdningenes budsjettbetingelse. SCGE-modellen tar kun hensyn til reduksjonen i de monetære kostnadene knyttet til fritidsreiser (direkte- og distanseavhengige kostnader) da det kun er disse som har innvirkning på husholdningenes budsjettbetingelse.

Tjenestereiser inngår ikke i husholdningenes budsjettbetingelse. Disse reisekostnadene påvirker profittbetingelsen til bedriftene.

Tabellen under viser modellberegnete direkte-, indirekte (mernytte) – og totale nytteeffekter av endrede persontransportvolumer og persontransportkostnader som følge av ny ferjefri E39:

Tabell 5-5: Modellberegnete nytteeffekter i mill NOK (år 2020), persontransport.

	Alt4_bom			Alt4_bomfritt		
	Direkte nytte	Indirekte nytte (mernytte)	Total nytte	Direkte nytte	Indirekte nytte (mernytte)	Total nytte
Østfold	0.3	0	0.3	1.6	0.1	1.7
Akershus	1.2	0.1	1.3	6.8	0.4	7.2
Oslo	2.3	0.1	2.3	11.5	0.4	11.9
Hedmark	0.2	0	0.2	1.3	0.1	1.3
Oppland	0.5	0	0.5	2.1	0.1	2.2
Buskerud	0.4	0	0.4	2.5	0.1	2.6
Vestfold	0.2	0	0.2	1.8	0.1	1.9
Telemark	0	0	0	0	0	0
Aust-Agder	0	0	0	0.3	0	0.3
Vest-Agder	2.9	0	2.9	11.9	0	11.9
Rogaland	74.4	0	74.4	129.1	0.3	129.3
Hordaland	124.0	0.1	124.0	200.6	0.3	200.9
Sogn og Fjordane	33.3	0.1	33.4	69.2	0.2	69.4
Møre og Romsdal	0 ⁹	0	0	206.1	0.1	206.3
Sør-Trøndelag	0.6	0	0.6	32.3	0.1	32.4
Nord-Trøndelag	0	0	0	8.2	0	8.2
Nordland	0.1	0	0.1	6.1	0.1	6.2
Troms	0.2	0	0.2	2	0.1	2
Finnmark	0.1	0	0.1	0.6	0	0.6
Sum alle fylker	240.7	0.6	241.3	694	2.4	696.3

Det mest iøynefallende resultatet fra tabell 5-5 er de neglisjerbare beregnede indirekte nytteeffektene av ferjefri E39, både for det bomfrie og det bombelagte utbyggingskonseptet. Dette står i sterk kontrast til tidligere beregnede verdier av blant andre Heum m.fl (2011) og Sasson, Nordkvelde m.fl. (2014). De neglisjerbare indirekte nytteeffektene har 2 mulige forklaringer: 1) inngangsdataene fra persontransportmodellene viser svært liten økning arbeidspendlingen både internt og mellom regionene i SCGE –modellen (jmf. tabell 5.1 – 5.3), og 2) SCGE –modellens potensielt manglende evne til å fange de indirekte arbeidspendlingseffektene av ferjefri E39. Dette siste punktet vil bli nærmere diskutert i kapittel 5.6.

Hvis vi konsentrerer oss om de modellberegnete direkte nytteeffektene av endrede persontransportmatriser, så ser vi at sum direkte nytte for alle fylker er beregnet til å være i underkant av 3 ganger høyere i det bomfrie alternativet sammenlignet med det bombelagte alternativet. Dette skyldes både trafikkavvisningen ved bombelastning som reduserer den samfunnsøkonomiske nytten av prosjektet og de høyere direkte kostnadene ved passering sammenlignet med det bomfrie alternativet, noe som påvirker husholdningenes budsjettbalanse.

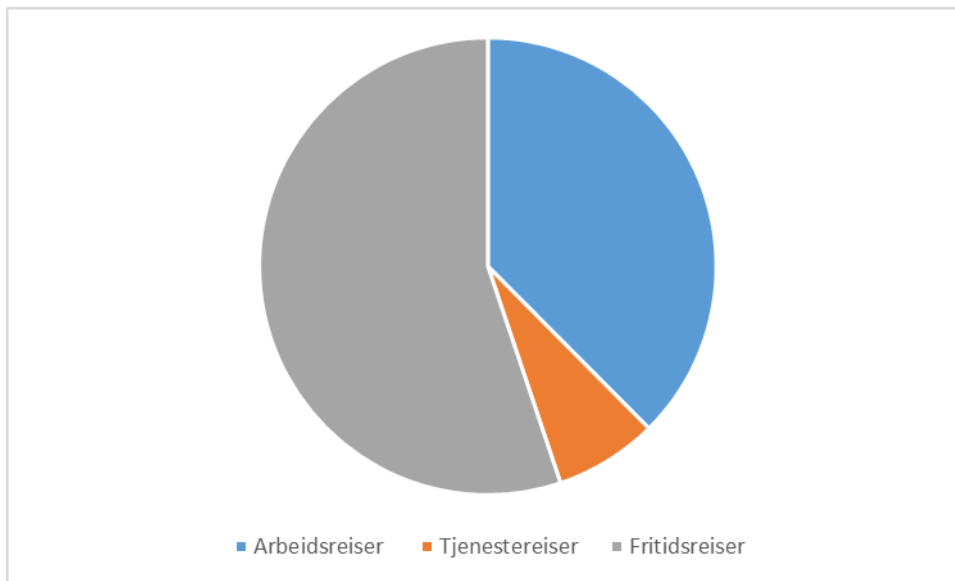
Av de direkte berørte fylkene (Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane, Hordaland og Rogaland) kommer Hordaland ut med størst regionalt beregnet direkte nytte i det

⁹ SCGE –modellanalysene beregner negativ direkte nytte for alt4_bom for fylke N15 (Møre og Romsdal). Dette skyldes i hovedsak trafikkfallet for relasjonen 15:15 vist i tabell 5.2. I tabell 5.4 er den beregnede nytten for N15 satt lik 0.

bomfrie alternativet, mens Sogn og Fjordane kommer ut med lavest beregnet direkte nytte av disse 4 fylkene. Hordaland drar trolig fordel av både økt pendling over Hordfast og økning i lange arbeidsreiser over Rogfast.

For det bombelagte alternativet ser vi at også her kommer Hordaland ut med størst beregnet direkte nytte, etterfulgt av Rogaland og Sogn og Fjordane. Møre og Romsdal derimot er, med bakgrunn i den kraftige reduksjonen i intern arbeidspendling vist i tabell 5.2, beregnet til å ha negativ nytte av det bombelagte alternativet. I tabell 5.5 er denne beregnede negative nytten satt til 0 og summen for alle fylkene justert deretter.

Figur 5.2 viser fordelingen etter reisehensikt for sum direkte nytte for alle fylker i det bomfrie alternativet.



Figur 5-2: Modellberegnete totale nytteeffekter av endret persontransport, prosentvis fordelt etter reisehensikt. Alt4_bomfritt.

Figur 5-2 viser at fritidsreisene står for mer enn halvparten av den modellberegnete totale nytten i det bomfrie investeringsalternativet, og dette på tross av at det i SCGE –modellen kun er tatt hensyn til endrede direkte- og distanseavhengige transportkostnader for fritidsreiser. Felles for alle reisehensikter er at det er de lange regionale reisene som dominerer den beregnede nytten.

5.6 Merknader til de modellberegnete samfunnsøkonomiske effektene av endret persontransport

Som bemerket i kapittel 5.5 er det 2 mulige grunner til den neglisjerbare modellberegnete indirekte nytten vist i tabell 5.5: 1) inngangsdataene og 2) SCGE –modellens evne til å fange de indirekte effektene av endret persontransport.

Av tabell 5.1 – 5.3 ser vi at resultatfilene fra persontransportmodellene viser lav trafikkvekst særlig for korte arbeidspendlingsturer og at det er fritidsreisene som dominerer trafikkveksten. Økt fritidstrafikk gir imidlertid ingen indirekte produktivitetsevninger. Fra kapittel 2 husker vi at økt arbeidspendling kan føre til

indirekte nytteeffekter i arbeidsmarkedet og også gi produktivetsgevinster av økt økonomisk tetthet ved at bo- og arbeidsregionene (BA-regioner) utvides. Ut i fra persontransportmatrisene som ligger til grunn for SCGE –beregningene later det til at investeringene får liten effekt på BA-regionene så vel som liten effekt på kompetansematchingen i arbeidsmarkedet.

En modell er aldri bedre enn sine inngangsdata. Dersom det er feil i inngangsdataene så vil modellen gi et uriktig bilde av de samfunnsøkonomiske effektene av veginvesteringen. Intuitivt virker det rart at den nasjonale korte arbeidspendlingen (tabell 5.1) skal falle ved å legge ned ferjesambandene langs E39 og erstatte disse med bombelagte faste forbindelser, og spesielt virker det rart at den interne arbeidspendlingen i Møre og Romsdal alene står for nesten hele reduksjonen i de nasjonale tallene. På overordnet nivå stemmer imidlertid det generelle bildet i persontransportmatrisene som er benyttet i SCGE –beregningene med merknadene til Rambøll i deres rapport om prissatte konsekvenser av ferjefri E39 (Rambøll 2014). Tiltaket vil i stor grad påvirke de lange regionale transportene, og i mindre grad de korte arbeidspendlingsturene.

Alle trafikkprognoser er usikre, men det kommer til noen ekstra usikkerhetsmomenter i ferjeavløsningsprosjekter. Ulempene ved ferjedrift i forhold til fast samband er nattestengning, faren for ikke å komme med på den planlagte avgangen (oversitting), ulempen ved ikke å kunne velge avreisetidspunkt helt fritt (skjult ventetid) og faren for innstilte avganger. Disse ulempene medfører at det planlegges og gjennomføres færre reiser enn det ellers ville vært. Når ulempene faller bort, vil vi få et hopp i etterspørselen etter reiser på strekningen.

Med hvor stort vil dette hoppet være? Det er det vanskelig å si noe nøyaktig om. Som en tilnærming har man føyd til en såkalt ferjeulempe i reisekostnaden, og beregnet etterspørselen med en slik høyere reisekostnad som grunnlag. Men ferjeulempen er estimert på et tynt grunnlag. Dessuten er det en stor forenkling å anta at ferjeulempen skal være den samme i alle samband. Den vil være mindre der frekvensen er høy, kapasiteten god, nattestengningen kort og regulariteten god.

Nyere ex-post studier av andre norske ferjeavløsningsprosjekter (Bråthen, Hagen et al. 2012) viser imidlertid at den regional persontransportmodellen (RTM) treffer godt når beregnet og realisert trafikk sammenlignes.

Dersom inngangsdataene fra persontransportmodellene hadde vist en kraftig økning i arbeidspendlingen, er det allikevel ikke sikkert at SCGE –modellen hadde fullt ut evnet å fange de indirekte effektene av ferjefri E39. Beregningen av indirekte nytteeffekter i SCGE –modellen tar utgangspunkt i endret arbeidspendling i alternativscenariot sammenlignet med basisscenariot, og hvordan endret reiseadferd påvirker husholdningenes inntekt, både direkte gjennom pendling til regioner med høyere gjennomsnittlig inntekt og indirekte gjennom en antakelse om at økt innpendling til en region øker produktiviteten:

$$\begin{aligned}
 Y_r = & \sum_{rr} (LComm_{r,rr} PL_{rr}) + \sum_{s \neq ps} K_{s,r} RK \left(\sum_{rr} (\Delta lcomm_{r,rr} lcomm_{r,rr}^0)^{\sigma_{ext}} \right) \\
 & + KYNEG_{s,r}^0 GDP_{def} - LROW_r PLROW_r ER \\
 \forall \left(\sum_{rr} \Delta lcomm_{r,rr} lcomm_{r,rr}^0 \right) & > \sum_{rr} lcomm_{r,rr}^0
 \end{aligned}$$

Hvor σ_{ext} er en elastisitet ment å fange produktivitetseffekter av økt tetthet.

SCGE –modellen som er benyttet i dette arbeidet er delt opp i fylkesvise soner. I nytteberegningene fører nyskapt arbeidspendling inn i soner med høyere gjennomsnittlig inntekt til nytteeffekter for avsender-sonen. Den geografiske oppdelingen av SCGE –modellen viser seg å fungere dårlig for ferjefri E39 hvor det er til dels store fylker med store inntektsforskjeller mellom områder internt i hvert fylke og hvor investeringene ikke direkte knytter fylkene sammen. Et annet, og relatert problem, er at persontransportmodellene ikke evner å fortelle oss hvilke yrkesgrupper det er som endrer reiseadferd, noe som gjør at alle behandles over samme lest i SCGE –modellen. Innenfor enkelte yrkesgrupper er det til dels store regionale lønnsforskjeller, mens det for andre grupper ikke er regionale forskjeller i lønn. Hvis ferjeavløsningen medfører en lønnsutjevning i sektorer med høy regional lønnsforskjell, så favnes ikke dette fullt ut i SCGE –modellen da denne på grunn av datamangel fra transportmodellene opererer med regionalt gjennomsnittlig inntektsnivå.

Vegvesenets nytteberegningsmodul *EFFEKT* beregner trafikantnytte for alle trafikanter, dvs. bilfører, bilpassasjer, kollektivt reisende, syklende og gående. Den nåværende versjonen av SCGE –modellen beregner kun direkte- (trafikantnytte) og indirekte nytte (netto ringvirkninger) for bilfører.

5.7 Sensitivitetsanalyser

Enkelte viktige parametere i SCGE –modellen er eksogent antatt. I dette avsnittet vil det presenteres partielle sensitivitetsanalyser for enkelte eksogent gitte parametere som har innvirkning på de modellberegnete makroøkonomiske effektene av ny ferjefri-E39.

Armingtonelastisitetene (Armington 1969) er sentrale parameterverdier i enhver praktisk generell likevektsmodellering og representerer substitusjonselastisitetene mellom produkter med ulikt geografiske opphav. På øverste nivå i den nestede CES strukturen i SCGE-modellen, så antar vi at importvarer og hjemmeproduerte varer ikke er perfekte substitutter ($\sigma_{A_{i,r}}$). Deretter antar vi på neste nivå i den nestede strukturen at produkter produsert i ulike innenlandske regioner heller ikke er perfekte substitutter ($\sigma_{A_{i,r}}$). Elastisitetsverdiene kan enten estimeres eller hentes fra litteraturen, hvor den siste fremgangsmåten er benyttet i vår modellering. Høye elastisitetsverdier reflekterer relativt nære substitutter, mens lave verdier reflekterer imperfekte substitutter. En lav elastisitetsverdi reflekterer at etterspørselen er lite fleksibel overfor endringer i pris. Eksempelvis indikerer en elastisitetsverdi på 3 for substitusjon mellom produkter fra ulike innenlandske regioner relativt nære substitutter hvor etterspørselen etter produkter fra ulike regioner er relativt fleksibel overfor endringer i pris.

Under markedsformen monopolistisk konkurranse vil prisen være høyere enn marginalkostnaden, og påslagsfaktoren er en funksjon av substitusjonselastisiteten. Formelt kan dette uttrykkes gjennom Lerner –indeksen (Lerner 1934):

$$L = \frac{P - MC}{P} = \frac{1}{\sigma}$$

Prispåslaget er da gitt ved:

$$P = \frac{1}{(1-L)} MC$$

I våre beregninger har vi antatt en substitusjonselastisitet (*elasReg*) lik 8. Dersom vi benytter sammenhengene gitt over, finner vi at dette tilsvarer et prispåslag på 1.14, noe som er i øverste del av intervallet for norske industrisektorer estimert i Klette (1993).

Tabellen under viser partielle sensitiviteter for viktige eksogene modellparametere. I tabellen er en og en parameterverdi endret, mens de øvrige er holdt konstant og lik verdiene i kolonnen merket «benyttet». Venstre side av tabellen viser lave, benyttede og høye verdier for eksogene parametere i ligningssystemet. Høyre side av tabellen viser de tilhørende modellberegnete netto ringvirkningseffektene som framkommer ved å endre én parameter, mens de øvrige holdes konstant og lik verdien benyttet i analysene presentert i tabell 5.5.

Tabell 5-6: *partielle sensitivitetsanalyser av viktige modellparametere*

	Parameterverdier			Modellberegnete netto ringvirkninger i mill. NOK (år 2020) (2014kr). Godstransport. Alt4_bomfritt		
	Lav	Benyttet	Høy	Lav	Benyttet	Høy
$\sigma A_{i,r}$	1.05	1.1	2	114.6	119.5	185.6
$\sigma A1_{i,r}$	2.5	3	3.5	109.2	119.5	139.5
$\sigma A2_{i,r,rr}$	1.05	1.2	2	117.2	119.5	123.6
<i>elasReg</i>	6	8	10	178.0	119.5	88.6

Litteraturen gir verdier på $\sigma A_{i,r}$ som i hovedsak ligger i intervallet 1-2 (Saito 2004; Törmä and Zawalinska 2007; Heyndrickx, Ivanova et al. 2009; Németh, Szabó et al. 2011), hvor kort-tids elastisiteter tenderer mot å ha lavere tallverdi enn langtids elastisiteter. Det er svært få referanser for estimater på interregionale Armingtonelastisiteter. I SCGE-modeller med multiple innenlandske soner er som regel elastisitetsverdiene for substitusjon av varer mellom regionene noe høyere enn de tilsvarende elastisitetsverdiene for utenrikshandel

Vi har antatt Armingtonelastisiteter lik 1.1 for importvarer vs. hjemmeproduserte varer, dvs. at etterspørselen etter importvarer er lite prispfølsom. Vi antar at etterspørselen etter varer fra andre innenlandske regioner er noe mer prispfølsom, og at innen innenlandske produksjon er varene nære substitutter på tvers av sonene i modellen. Armingtonelastisitetsverdien for varer fra ulike innenlandske regioner er satt til 3, noe som er litt underkant av verdien for primær- og industriprodukter på 4 benyttet i den finske SCGE –modellen RegFin (Törmä and Zawalinska 2007).

Tabell 5.6 viser at modellresultatene er lite følsomme for endringer i $\sigma A1_{i,r}$ og $\sigma A2_{i,r,rr}$, mens resultatene er relativt følsomme for endrede paramaterverdier for *elasReg* og $\sigma A_{i,r}$, hvor høy verdi på $\sigma A_{i,r}$ gir 55% økning i beregnet netto ringvirkning.

5.8 Oppsummerende kommentarer

I arbeidet med modellanalysene har det vist seg at dagens geografiske dimensjonering av SCGE –modellen (fylker) fungerer etter ønske for beregning av totale godsnyttvirkninger av ny ferjefri-E39. For beregning av indirekte nytteeffekter av endrede persontransportkostnader, er derimot den geografiske oppløsningen av modellverktøyet er for grov. Dette, i samband med den nasjonale persontransportmodellen sin manglende segmentering på hvilke yrkesgrupper det er som i hovedsak endrer reiseadferd etter trafikkutbedringen, gjør at det foreløpig ikke er mulig å presentere totale samfunnsøkonomiske nytteeffekter av både gods- og persontransport på en fullt ut tilfredsstillende måte.

E39 Stavanger – Bergen er av flere forskningsmiljøer beregnet til å ha svært betydelige indirekte nytteeffekter (Heum, Norman et al. ; Sasson, Nordkvelde et al. 2014), mens andre miljøer har presentert langt lavere estimater (Bruvoll and Heldal 2012; COWI 2012).

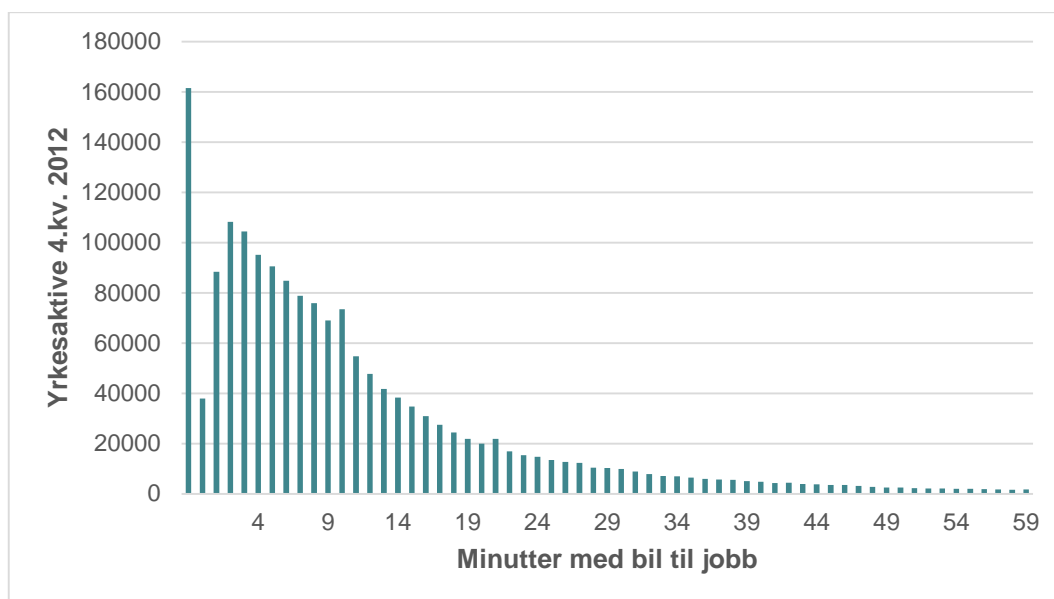
SNF (Heum, Norman et al. 2011) finner indirekte nytteeffekter som for oss virker alt for store. Analysen i arbeidet til SNF bygger på (Venables 2007) hvor utgangspunktet er tanken om at økt tetthet medfører høyere produktivitetsnivå, og hvor lønnsforskjellene mellom byområder og de omkringliggende områdene antas å være et uttrykk for produktivitetsforskjeller. Det er ingenting galt med dette teoretiske fundamentet; produktiviteten og lønningene er høyere i byer og tettere befolkede områder. Vi mener derimot at det er feil å tilskrive alle observerte lønnsforskjeller mellom tettsteder og periferi til produktivitetsforskjeller. Litteraturen identifiserer tre generell hovedgrunner til regionale lønnsforskjeller, se for eksempel (Combes, Duranton et al. 2008):

1. forskjeller i arbeidsstyrkenes yrke- og kompetansesammensetning
2. forskjeller i geografiske, institusjonelle og naturgitte rammevilkår (geografi, temperatur, naturressurser, tilgang på offentlig og privat kapital, institusjoner, etc)
3. agglomerasjonseffekter

Ved å kontrollere for ulikheter i yrkessammensetning og kompetansenivå, samt lokale rammevilkår, finner (Combes, Duranton et al. 2010) ca. en halvering av tidligere estimater for elasticitetene for produktivitet med hensyn på befolkningstetthet. De viktigste innvendingene mot SNF sitt arbeid er oppsummert i (Minken 2013).

Sasson, Nordkvelde m.fl (2014) beregner at de næringsøkonomiske ringvirkningene av Rogfast bidrar til at investeringen nedbetales i sin helhet i løpet av 2 år. I analysene i rapporten fra BI knyttes Haugesundsregionen sammen med Stavangerregionen gjennom den nedkortede reisetiden som følger av tunnelutbyggingen under Boknafjorden. Gjennom sammenslåing av kommuner rundt Haugesund til en analyseregion reduseres reisetiden til 45 minutter, så langt vi evner å se benyttes denne reisetiden på hele Haugesundsregionen. Avkorting av reisetid vil gjøre regionene på hver side av Boknafjorden til en bo- og arbeidsplassregion, og gjennom agglomerasjonseffekter oppnås store indirekte nytteeffekter.

Etter utbyggingen av Rogfast under Boknafjorden vil reisetiden mellom Stavanger og Haugesund reduseres til om lag 1 time (Statens vegvesen 2007). Fra registerbasert sysselsettingsstatistikk (SSB) og litteraturen for øvrig vet vi at sannsynligheten for at en yrkesaktiv velger en arbeidsplass er sterkt avtakende med avstand:



Figur 5-3: Yrkesaktive med heltidsarbeid etter reisetid med bil fra bosted til arbeidssted. Hele landet. Tallgrunnlag: Registerbasert sysselsettingsstatistikk (SSB) og ELVEG.

Fordelmønsteret i figuren er selvfølgelig påvirket av arbeidsplassenes lokalisering i forhold til bostedene. Derfor varierer avstandsfordelingene fra sted til sted. Uansett er det en underliggende avstandsfølsomhet som gjør at sannsynligheten for at en yrkesaktiv skal velge en arbeidsplass avtar med økende avstand til arbeidsplassen.

En omlandsutvidelse som inkluderer mange arbeidsplasser helt i yttergrensen av omlandet, kan gi et feilaktig inntrykk av en kraftig bedring av tilgang på arbeidsplasser. Dette fordi bare en liten del av de yrkesaktive kan eller vil utnytte de nye mulighetene. Når i tillegg de nye mulighetene inkluderer en 26.4 km. lang undersjøisk tunnel ser vi det som overveiende sannsynlig at avstanden mellom regionsentrene er så stor at det er lite sannsynlig at området utvikler seg til å bli én bo- og arbeidsmarkedsregion, slik Heum mfl. (2011) og (Sasson, Nordkvelde et al. 2014) beskriver.

Resultatene fra SCGE –modellanalysene gir grunn til å konkludere med at det meste av de totale nyttevirkningene ved ny ferjefri E39 allerede er fanget opp gjennom nytte- kostnadsanalysen.

6 Oppsummering og konklusjon

6.1 Innledning

Hovedmålsettingen i dette prosjektet har vært, gjennom ny metodikk og nye innfallsvinkler, å belyse de totale makroøkonomiske effektene av ny ferjefri E39 fra Kristiansand til Trondheim.

Det gjenstår i dag 7 fjordkryssinger som betjenes med ferje langs E39:

- Boknafjorden (Rogfast)
- Bjørnefjorden (E39 Aksdal – Bergen)
- Sognefjorden (Lavik – Oppedal)
- Nordfjord (Anda – Lote)
- Storfjorden (Solevåg – Festøy)
- Romsdalsfjorden (Vestnes – Molde)
- Halsafjorden (Kanestraum – Halså)

Analysene som er presentert i denne rapporten tar utgangspunkt i kodete transportnettverk fra person- og godsmodellsystemene, og behandler de totale samfunnsøkonomiske effektene av ferjeavløsning langs strekningen. Analysene behandler kun nye fjordkryssinger og ser bort i fra øvrige veiutbedringer. Det er gjort beregninger for bomfrie og bombelagte investeringsalternativer.

Rapporten presenterer resultatene av analyser gjort med en nyutviklet SCGE – modell. Modellverktøyet er utviklet i prosjektarbeidet og resultatene som presenteres er foretatt i første versjon av SCGE –modellen. TØI sin SCGE –modell er i kontinuerlig utvikling og resultatene som presenteres i denne rapporten er basert på første modellversjon.

De totale samfunnsøkonomiske effektene av en vegutbygging er summen av de direkte- og de indirekte nytteeffektene av trafikkforbedringen. Nyttevirkinger som ikke fanges opp av den direkte brukernytten i en velspesifisert nytte -kostnadsanalyse, hvor det er tatt hensyn til teknologiske eksterne virkninger, omtaler vi som netto ringvirkninger.

Ringvirkninger av et transporttiltak kjennetegnes ved at det oppstår realøkonomiske effekter utover de primærmarkedene som berøres direkte av tiltaket. Dersom summen av ringvirkningene i sekundærmarkedene er forskjellige fra virkningen i primærmarkedene oppstår det netto ringvirkninger. For at ringvirkningene skal ha netto samfunnsøkonomisk verdi utover brukernytten må det foreligge en markedssvikt i sekundærmarkedene. Begrepet netto ringvirkninger omtales ofte som «mernytte» og tilsvarer det som i den internasjonale litteraturen ofte omtales som *wider economic benefits* eller *wider economic impacts*.

6.2 Oppsummering av modellberegnete makroøkonomiske effekter

De nye fjordkryssingene vil redusere reisetiden og øke påliteligheten i ferdselen langs E39. Resultatene fra det nasjonale persontransportmodellsystemet viser at tiltaket i stor grad vil påvirke de lange regionale transportene, og i mindre grad de korte arbeidspendlingsturene. Det er i stor grad de lengre regionale reisene som påvirkes av vegutbyggingen.

De viktigste samfunnsøkonomiske effektene av en infrastrukturinvestering som potensielt ikke fanges opp i nytte –kostnadsanalysen kan sammenfattes i 4 kategorier:

- Agglomerasjonseffekter
- Arbeidsmarkedseffekter
- Økt konkurranse i imperfekte markeder
- Økt produksjon i imperfekte markeder

De 2 første kulepunktene i denne listen er i hovedsak drevet av økt arbeidspendling og reduserte generaliserte reisekostnader for arbeidsreiser, hvor ønsket om sterkere regional integrasjon i arbeidsmarkedet gjennom utvidede bo- og arbeidsmarkedsregioner leder til produktivitetseffekter av økt økonomisk tetthet.

Ut i fra persontransportmatrisene som ligger til grunn for SCGE –beregningene later det til at investeringene får liten effekt på BA-regionene så vel som liten effekt på kompetansematchingen i arbeidsmarkedet. Dette reflekteres også i resultatene fra SCGE –modellanalysene hvor det beregnes neglisjerbare netto ringvirkningseffekter av ferjeavløsningenes virkninger på arbeidspendlingen, både for det bombelagte og det bomfrie investeringsalternativet.

Selv om resultatfilene fra persontransportmodellene hadde vist kraftig økning i arbeidspendlingen internt og mellom sonene langs vegtraseen, så ville trolig ikke dagens utgave av SCGE –modellen fullt ut fanget de tilhørende netto ringvirkningseffektene. I arbeidet med modellanalysene har det vist seg at dagens geografiske dimensjonering av SCGE –modellen (fylker) fungerer etter ønske for beregning av totale godsnyttevirkninger av ny ferjefri-E39. For beregning av nytteeffekter av endrede persontransportkostnader og -volum, later det derimot til at den geografiske oppløsningen av modellverktøyet er for grov. Dette, i samband med den nasjonale persontransportmodellen sin manglende segmentering på hvilke yrkesgrupper det er som i hovedsak endrer reiseadferd etter trafikkutbedringen, gjør at det foreløpig ikke er mulig å presentere totale samfunnsøkonomiske nytteeffekter av endret arbeidspendling på en fullt ut tilfredsstillende måte.

De SCGE –modellberegnete direkte nytteeffektene av endret persontransport beregner sum direkte nytte for alle fylker til å være i underkant av 3 ganger høyere i det bomfrie alternativet sammenlignet med det bombelagte alternativet. Dette skyldes både trafikkavvisningen ved bombelastning, som reduserer den samfunnsøkonomiske nytten av prosjektet, og de høyere direkte kostnadene ved passering. Nivået på bompengene i nedbetalingsperioden virker inn på realisert trafikk over sambandet, hvor trafikken faller med økte bompengesatser. Erfaringer fra andre norske ferjeavløsningsprosjekter viser et uforløst potensiale for regional integrasjon ved høye bompengesatser, og derigjennom forsinkede produktivitetseffekter av investeringen.

Avstand begrenser interaksjon, og fungerer i mange tilfeller som en barriere mot effektiv konkurranse i produktmarkedene. Redusert avstand, gjennom kortere reisetid vil, alt annet likt, øke den regionale interaksjonen og redusere konkurransebarrierene. Reduserte godstransportkostnader kan i tilfeller med markedssvikt i sekundærmarkedene lede til økt konkurranse og økt produksjon i imperfekte markeder.

SCGE –modellanalyser hvor det antas monopolistisk konkurranse i primær- og industrisektorene finner til dels betydelige netto ringvirkningseffekter av reduserte godstransportkostnader, både for det bomfrie og det bombelagte investeringsalternativet.

Analysene beregner netto ringvirkningseffektene av økt konkurranse og økt produksjon i imperfekte varemarkeder til å være om lag 9% av den beregnede direkte nytten for det bombelagte alternativet og i underkant av 5% av beregnet direkte nytte i det bomfrie alternativet. Netto ringvirkning av endrede godstransportkostnader er beregnet til å være 2.2 ganger høyere i det bomfrie alternativet sammenlignet med det bombelagte investeringsalternativet.

De totale samfunnsøkonomiske effektene av endrede godstransportkostnader er beregnet til å være i overkant av 4 ganger høyere i det bomfrie alternativet sammenlignet med det bombelagte alternativet. For begge investeringsalternativer kommer Rogaland og Hordaland ut med størst modellberegnet total nytte, etterfulgt av Oslo og Møre og Romsdal. Den relativt høye beregnede nytteeffekten for Oslo, så vel som for Akershus, viser at ferjefri E39 kan ventes å gi nytteeffekter utenfor de direkte berørte regionene.

7 Referanser

- Armington, P. (1969). "A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production " Staff Papers-International Monetary Fund: 159-178.
- Arrow, K. J. and G. Debreu (1954). "Existence of an equilibrium for a competitive economy." Econometrica: Journal of the Econometric Society: 265-290.
- Brandsma, A., O. Ivanova, et al. (2011). RHOMOLO, a dynamic spatial general equilibrium model. 19th international input-output conference. Alexandria, Virginia, USA.
- Bruvoll, A. and N. Heldal (2012). Produktivitetsvirkninger av veiprosjekter: Vurdering av metode og eksempler fra E39, Rapport 2012/18 Vista Analyse.
- Bråthen, S., K. P. Hagen, et al. (2012). Alternativ finansiering av transportinfrastruktur: noen utvalgte problemstillinger. Rapport 1210, Møreforskning, SNF, Høgskolen i Molde.
- Combes, P.-P., G. Duranton, et al. (2008). "Spatial wage disparities: Sorting matters!" Journal of Urban Economics **63**(2): 723-742.
- Combes, P.-P., G. Duranton, et al. (2010). Estimating agglomeration economies with history, geology, and worker effects. Agglomeration Economics, University of Chicago Press: 15-66.
- COWI (2012). Produktivitetsvirkninger av ferjefri E39, Mai 2012 COWI.
- de Jong, G. and M. Ben-Akiva (2007). "A micro-simulation model of shipment size and transport chain choice." Transportation Research Part B: Methodological **41**(9): 950-965.
- DfT (2005). Wider Economic Benefits and Impact on GDP. D. f. Transport. London.
- Eijgenraam, C. J. J., C. C. Koopmans, et al. (2000). Evaluatie van infrastructuurprojecten, leidraad voor kosten-batenanalyse. Den Haag, Centraal Planbureau & Nederlands Economisch Instituut.
- Elhorst, J. P. and J. Oosterhaven (2008). "Integral Cost-Benefit Analysis of Maglev Rail Projects Under Market Imperfections." Journal of Transport and Land Use **1**(1): 65 - 87.
- Finansdepartementet (2013). St.meld.12 (2012-2013): Perspektivmelding 2013.
- Geary, R. (1950). "A Note on" A Constant-Utility Index of the Cost of Living"." The Review of Economic Studies **18**(1): 65-66.
- Gjerdåker, A. and J. I. Lian (2008). Regionale virkninger av infrastrukturinvesteringer - en litteraturstudie. TØI-rapport 989/2008.

- Graham, D. and K. v. Dender (2011). "Estimating the agglomeration benefits of transport investments: some tests for stability." Transportation **38**(3): 409-426.
- Graham, D. J. (2007). "Agglomeration, productivity and transport investment." Journal of Transport Economics and Policy (JTEP) **41**(3): 317-343.
- Hagen, K. P., A. Hervik, et al. (2010). Prinsipiell vurdering av nytte-kostnads-virkninger i form av "mernytte" som ikke fanges opp i dagens metoder og praksis for nytte-kostnadsanalyser i samferdselssektoren. K. P. Hagen. Bergen, Samfunns- og Næringslivsforskning AS.
- Hansen, W. (1959). "How accessibility shapes land use." Journal of the American Planning Association **25**(2): 73-76.
- Hansen, W. (2010). Developing a New Spatial Computable General Equilibrium Model for Norway. European Transport Conference, 2010.
- Hansen, W. (2011). Mernytte: Næringsøkonomiske ringvirkninger av infrastrukturinvesteringer. TØI-rapport 1180/2011. Oslo, Transportøkonomisk institutt.
- Hansen, W., Ø. Engebretsen, et al. (2014). Regionale virkninger av ny Oslofjordkryssing: Underlagsrapport i konseptvalgutredning (KVU) for kryssing av Oslofjorden. , TØI-rapport 1368/2014, Transportøkonomisk institutt.
- Hansen, W. and O. Ivanova (2012). Wider Economic Benefits in Transport Appraisal, a SCGE-model approach with application to a proposed Norwegian road infrastructure project. European Transport Conference 2012, Glasgow Scotland.
- Heldal, N., I. Rasmussen, et al. (2009). Mernytte av transportinvesteringer i storbyer, forprosjekt. Oslo, Vista-analyse.
- Heum, P., E. B. Norman, et al. Tørrskodd Vestland - arbeidsmarkedsvirkninger av ferjefritt samband Bergen - Stavanger. Arbeidsnotat 33/12 SNF.
- Heum, P., E. B. Norman, et al. (2011). Tørrskodd på jobb. Arbeidsmarkedsvirkninger av ferjefritt samband Bergen-Stavanger. Sammendrag. Upublisert notat fra SNF. Bergen.
- Heyndrickx, C., O. Ivanova, et al. (2009). ISEEM, Development of an Integrated Spatio-Economic-Ecological Model Methodology for the Analysis of Sustainability Policy, Final Report.
- Heyndrickx, C., O. Koops, et al. (2011). The TIGER Model: Application of detailed passenger and freight transport in a regional CGE setting, European Regional Science Association.
- Holvad, T. and J. Preston (2005). Road Transport Investment Projects and Additional Economic Benefits. ERSA 2005 conference paper.
- Ivanova, O., C. Heyndrickx, et al. (2007). RAEM: version 3.0 Final report, Transport and mobility Leuven.
- Ivanova, O., A. Vold, et al. (2002). PINGO A model for prediction of regional and interregional freight transport. Version 1. Oslo, Institute of Transport Economics.

- Jara-Diaz, S. (1986). "On the relation between users' benefits and the economic effects of transportation activities." Journal of Regional Science **26**: 379-391.
- Kanemoto, Y. (2013a). "Second-best cost–benefit analysis in monopolistic competition models of urban agglomeration." Journal of Urban Economics **76**: 83-92.
- Kanemoto, Y. (2013b). Pitfalls in estimating “wider economic benefits” of transportation projects, National Graduate Institute for Policy Studies.
- Kanemoto, Y. and K. Mera (1985). "General equilibrium analysis of the benefits of large transportation improvements* 1." Regional Science and Urban Economics **15**(3): 343-363.
- Klein, L. and H. Rubin (1947). "A constant-utility index of the cost of living." The Review of Economic Studies **15**(2): 84-87.
- Klette, T. J. (1993). Is price equal to marginal costs? An integrated study of price-cost margins and scale economies among Norwegian manufacturing establishments 1975-1990. Discussion paper 93, Statistics Norway.
- Krugman, P. (1991). Geography and trade, the MIT Press.
- Laird, J. and P. Mackie (2009). "REVIEW OF ECONOMIC ASSESSMENT IN RURAL TRANSPORT APPRAISAL." Scottish Transport Appraisal Guidance (STAG).
- Laird, J. J., J. Nellthorp, et al. (2005). "Network effects and total economic impact in transport appraisal." Transport Policy **12**(6): 537-544.
- Lakshmanan, T. (2010). "The broader economic consequences of transport infrastructure investments." Journal of Transport Geography.
- Lerner, A. P. (1934). "The concept of monopoly and the measurement of monopoly power." The Review of Economic Studies **1**(3): 157-175.
- Manning, A. (2003). Monopsony in motion: Imperfect competition in labor markets, Princeton Univ Pr.
- Minken, H. (2012). Til debatten om samfunnsøkonomisk analyse i transportsektoren. TØI-rapport 1198/2012. Oslo, Transportøkonomisk institutt.
- Minken, H. (2013). Samfunnsøkonomisk lønnsomhet av ferjeavløsningsprosjektene på E39 mellom Stavanger og Trondheim. Oslo, TØI rapport 1272/2013, Transportøkonomisk institutt.
- Mohring, H. (1993). "Maximizing, measuring, and not double counting transportation-improvement benefits: A primer on closed-and open-economy cost-benefit analysis." Transportation Research Part B: Methodological **27**(6): 413-424.
- Németh, G., L. Szabó, et al. (2011). "Estimation of Armington elasticities in a CGE economy–energy–environment model for Europe." Economic Modelling **28**(4): 1993-1999.
- NOU (2012:16). Samfunnsøkonomiske analyser.
- OECD (2002). Impact of Transport Infrastructure Investment on Regional Development. D. R. T. R. Programme, Paris, France: Organisation for Economic Co-operation and Development. **772**.

- Oosterhaven, J. and T. Knaap (2003). Spatial Economic impacts of Transport Infrastructure Investments. Transport projects, programmes, and policies: evaluation needs and capabilities. A. Pearman, P. Mackie and J. Nellthorp, Ashgate Pub Ltd.
- Rambøll (2014). Ferjefri E39: delrapport prissatte konsekvenser. Rambøll, Oslo, Utarbeidet på oppdrag fra Statens vegvesen vegdirektoratet.
- SACTRA (1999). Transport and the Economy. London, Standing Advisory Committee on Trunk Road Appraisal.
- Saito, M. (2004). "Armington elasticities in intermediate inputs trade: a problem in using multilateral trade data." Canadian Journal of Economics/Revue canadienne d'économie **37**(4): 1097-1117.
- Sasson, A., M. Nordkvelde, et al. (2014). Ferjefri E39 - næringsøkonomiske gevinster ved fjordkryssing, Forskningsrapport 3/2014 Handelshøgskolen BI.
- Simmonds, D. and O. Feldman (2011). "Alternative approaches to spatial modelling." Research in Transportation Economics.
- Small, K. (1997). Project evaluation. Working paper UCI-IST-97-06, University of California, Irvine.
- Statens vegvesen (2007). E39 kyststamvegen Boknafjordkryssingen - konseptvalgutredning. Statens vegvesen, region vest.
- Stone, R. (1954). "Linear expenditure systems and demand analysis: an application to the pattern of British demand." The Economic Journal **64**(255): 511-527.
- Straatemeier, T. (2008). "How to plan for regional accessibility." Transport Policy **15**(2): 127-137.
- Tavasszy, L., M. Thissen, et al. (2002). Pitfalls and solutions in the application of spatial computable general equilibrium models for transport appraisal.
- Törmä, H. and K. Zawalinska (2007). "Technical description of the CGE RegFin/RegPol models." University of Helsinki, RURALIA Institute. URL: <http://www.helsinki.fi/ruralia/research/manuals.htm>.
- van Exel, J., S. Rienstra, et al. (2002). "EU involvement in TEN development: network effects and European value added." Transport Policy **9**(4): 299-311.
- Venables, A. and M. Gasiorek (1998). "The welfare implications of transport improvements in the presence of market failure." Report to SACTRA.
- Venables, A. J. (2007). "Evaluating urban transport improvements: cost-benefit analysis in the presence of agglomeration and income taxation." Journal of Transport Economics and Policy: 173-188.
- Vickerman, R. (2007). Recent evolution of research into the wider economic benefits of transport infrastructure investments. Research Round Table: Macro-, Meso-, and Micro-Infrastructure Planning and Assessment Tools, European Conference of Ministers of Transport, OECD.
- Vold, A. and V. Jean-Hansen (2007). Pingo - a model for prediction of regional and interregional freight transport in Norway. Oslo, Institute of Transport Economics.

Vedlegg 1: SCGE –modellens notasjon

I de påfølgende sidene presenteres parameter, variabel og fotskriftnotasjonen i SCGE-modellen. Modellens ligningssystem er gjengitt i vedlegg 2.

Tabell V.1: notasjon for fotskriftdimensjonene i SCGE-modellen

Vare	i
Sektor	s
Region	r
Flyt av varer og arbeidskraft fra region r til region rr	r,rr

Tabell V.2: Notasjon for parametere i SCGE-modellen

Notasjon	Parametere
αH_r	Eksponent i LES-nyttefunksjonen til husholdningene i region r
$\alpha I_{i,r}$	Cobb-Douglas eksponent i produktfunksjonen for investeringer for vare i , i region r
$\alpha G_{i,r}$	Cobb-Douglas eksponent i nyttefunksjonen til det offentlige
αA	Skaleringsparameter i Armington funksjonen $X_{i,r}$
$\alpha A1_{i,r}$	Skaleringsparameter i Armingtonfunksjonen $XX_{i,r}$
$\alpha A2_{i,r,rr}$	Skaleringsparameter i Armingtonfunksjonen $XDDE_{i,r,rr}$
$\alpha T_{i,s,r}$	Skaleringsparameter i CET funksjonen
$\alpha KL_{s,r}$	Skaleringsparameter i CES funksjonen
$atm_{i,r}$	Andel av varer for produksjon av transport og handelsmargin
$\delta_{s,r}$	nedskrivning
$elasReg_{s,r}$	Substitusjonselastisitet mellom ulike produktvarianter
$\gamma A2_{i,r}$	CES andelsparameter for Armingtonfunksjonen for import
$\gamma A3_{i,r}$	CES andelsparameter for Armingtonfunksjonen for innenlandsk produksjon
$\gamma A4_{i,r,rr}$	CES andelsparameter for Armingtonfunksjonen for innenlandsk produksjon fra ulike regioner

Notasjon	Parametere
$\gamma A5_{i,s,r,rr}$	CES andelsparameter for Armingtonfunksjonen for innenlandsk produksjon fra ulike sektorer i ulike regioner
$\gamma K_{s,r}$	CES andelsparameter for kapital
$\gamma L_{s,r}$	CES andelsparameter for arbeidskraft
$\gamma T2_{i,s,r}$	CET andelsparameter for import
$\gamma T3_{i,s,r}$	CET andelsparameter for innenlandske varer
gr_factor	Steady state vekst
growth ⁰	Steady state vekstfaktor
$\text{io}_{i,s,r}$	Leontieff koeffisient for vareinnsats
$\text{iop}_{i,s,r}$	Leontieff koeffisient for produksjon
$KYNEG_{s,r}^0$	Negativt driftsoverskudd for offentlig sektor og sektorer i tilbakegang
mps _r	Marginal sparetilbøyelighet
PWMROW _i ⁰	Pris på verdensmarkedet for import
PTM	Pris på transporttjenester
Sc _{i,r}	produktsubsidier
scal	Skaleringsparameter for monetære verdier
scaleU _r	Skaleringsparameter i nyttefunksjonen
SG	Offentlig sparing
$\sigma A_{i,r}$	Armington substitusjonselastisitet mellom import og innenlandsk produksjon
$\sigma A1_{i,r}$	Armington substitusjonselastisitet mellom innenlandske produkter fra ulike regioner
$\sigma A2_{i,r,rr}$	Armington substitusjonselastisitet mellom innenlandske produkter fra ulike sektorer
$\sigma KL_{s,r}$	CES substitusjonselastisitet mellom kapital og arbeidskraft
$\sigma T_{i,r}$	CET substitusjonselastisitet mellom eksport og innenlandsk leveranse ($XDD_{i,s,r}$)
svs _{i,r}	Andel lagerbeholdning
tc _{i,r}	Skatt på produkter
tk _{s,r}	selskapsskatt
tl _{s,r}	Arbeidsgivernes trygde og pensjonspremier
tl1 _{s,r}	Arbeidstakernes trygde og pensjonspremier
trm	Handels og transportmargin
txd _{s,r}	produksjonsskatt
ty _r	inntektsskatt
\underline{Q}_{ir}	Husholdningenes minstekonsum

Tabell V.3: Notasjon for variabler i SCGE-modellen

Variabel	Forklaring
$AUXV_{i,r}$	hjelpevariabel
B_r	Konsumentenes forbruk
$Btrips_{r,rr}$	Tjenestereiser
$CG_{i,r}$	Offentlig forbruk
CV_r	Velferdsendringer
$Ctrips_{r,rr}$	arbeidspending
$E_{i,s,r}$	eksport
GDP_C	Brutto nasjonalprodukt
GDP_C_c	Brutto nasjonalprodukt (nominell)
$GDPdef$	Deflator brutto nasjonalprodukt
$GDPR_r$	Brutto regionalt produkt
$GDPRC_r$	Brutto regionalt produkt (nominell)
$I_{i,r}$	Etterspørsel etter investeringsvarer
$INDEX_r$	konsumprisindeks
$INDEXE_c$	Prisindeks for eksport
$INDEXM_c$	Prisindeks for eksport
$INV_{s,r}$	Sektorvis investering
IT	Totale private investeringer
$K_{s,r}$	Innsatsfaktor: kapital
$KL_{s,r}$	Sum av innsatsfaktorene kapital og arbeidskraft
KS_r	Kapitalstokk (eksogen)
$L_{s,r}$	Innsatsfaktor: arbeidskraft
$LCOMM_{r,rr}$	Arbeidspending fra r til rr
$LROW_r$	Arbeidskraft tilbudt til utlandet (eksogen)
LS_r	Tilbud av arbeidskraft
$Ltrips_{r,rr}$	fritidsreiser
$M_{i,r}$	import
$NF_{s,r}$	Antall bedrifter i imperfekte sektorer i likevekt
$P_{i,r}$	Innenlandsk salgspris på varer
PCV_r	Prisindeks for CV
$PD_{s,r}$	Innenlandsk produsentpris for varer
$PDC_{i,s,r}$	Monopolistisk konkurransepris på varer
$PDD_{i,s,r}$	produsentpris på innenlandsk produsert varekurv
$PDDE_{i,r,rr}$	Konsumentpris på innenlandsk varekurv levert til region
$PXX_{i,r}$	Konsumentpris på innenlandsk varekurv
$PXXDi_{s,r}$	Pris på innenlandsk varekurv levert fra region
$PE_{s,i}$	Pris på eksport
PI_r	Pris på private investeringer
$PK_{s,r}$	Pris på kapital
$PKL_{s,r}$	Pris på summen av kapital og arbeidskraft

Variabel	Forklaring
$PL_{s,r}$	Pris på arbeidskraft
$PM_{i,r}$	Pris på import
PWM	Verdensmarkedspris på import
PWE	Verdensmarkedspris på eksport
$PROFITS_{s,r}$	Profitt fra imperfekte sektorer
RGD	Nominell rente
RK	kapitalavkastning
S	Total sparing
$Rtrade_{r,rr,i}$	Interregional vareflyt
$Rtcosts_{r,rr,i}$	Interregionale godstransportkostnader
SH_r	Privat sparing
SII_r	CV budsjett
SROW	Sparing fra utlandet
$SV_{i,r}$	Endring i lagerbeholdning
SWF	Velferdsfunksjon
TAXR	Total skatteinngang
$TCOMM_{r,rr}$	Generaliserte reisekostnader (pendling)
$\Delta TCOMM_{r,rr}$	Endring i generaliserte reisekostnader mellom basis og alternativsituasjonen (pendling)
TMX	Varer konsumert for produksjon av transport og handelsmargin
TRF_r	Totale overføringer fra det offentlige til husholdninger
$trmV_{r,rr,i}$	Transportkostnader gods
U_r	Nytte
$X_{i,r}$	Innenlandsk etterspørsel etter varer (innenlandsk produksjon + import)
$XD_{s,r}$	Innenlandsk produksjon fra sektorer (innenlandsk forbruk + eksport)
$XDD_{s,i,r}$	Innenlandsk produksjon av varer fra sektorer (innenlandsk forbruk + eksport)
$XDDE_{i,r,rr}$	Innenlandsk etterspørsel etter innenlandske varer levert til region rr
$XDDED_{i,s,r,rr}$	Innenlandsk etterspørsel etter innenlandske varer fra sektor s levert til region rr
$XX_{i,r}$	Innenlandsk etterspørsel etter innenlandske varer
$XXD_{i,s,r}$	Innenlandsk tilbud av varer for innenlandsk marked
Y_r	Husholdningenes inntekt
$Q_{i,r}$	Etterspørsel etter konsumvarer

Δ foran variable indikerer relativ endring i forhold til referanse

Vedlegg 2: SCGE -modellens ligningssystem

- 1) Pris på innenlandsk produksjon av varer fra sektorer (innenlandsk forbruk + eksport):

$$PDD_{i,s,r} = \frac{1}{aT_{i,s,r}} \left((\gamma T3_{i,s,r}^{\sigma T_{i,s,r}} PXXD_{i,s,r}^{1-\sigma T_{i,s,r}}) + (\gamma T2_{i,s,r}^{\sigma T_{i,s,r}} (PE_{i,s}ER)^{1-\sigma T_{i,s,r}}) \right)^{\frac{1}{1-\sigma T_{i,s,r}}}$$

- 2) Pris på innenlandske varer levert til region rr:

$$PDDE_{i,r,rr} = \frac{1}{\alpha A2_{i,r,rr}} \sum_s (\gamma A5_{s,i,r,rr}^{\sigma A2_{i,r,rr}} PXXD_{s,i,r}^{1-\sigma A2_{i,r,rr}})^{\frac{1}{1-\sigma A2_{i,r,rr}}}$$

- 3) Pris på produkter solgt i hjemmemarkedet, importerte varer samt innenlandsk produksjon solgt i hjemmemarkedet:

$$P_{i,r} = \frac{1}{\alpha A_{i,r}} (\gamma A3_{i,r}^{\sigma A_{i,r}} PXX_{i,r}^{1-\sigma A_{i,r}} + \gamma A2_{i,r}^{\sigma A_{i,r}} (PWW^0_i ER)^{1-\sigma A_{i,r}})^{\frac{1}{1-\sigma A_{i,r}}}$$

- 4) Null-profitbetingelsen:

$$PD_{i,r} = (K_{i,r} \left((1 + tk_{i,r}) RK_{i,r} + \delta_{i,r} PI_r \right) + KYNEG_{s,r}^0 GDPDEF + PL_r L_{s,r}) * (1 + (1 + tl1_{s,r}) tl_{s,r}) + \sum_i (io_{i,s,r} XD_{s,r} P_{i,r} (1 + tc_{i,r})) / (XD_{s,r} (1 - txd_{s,r} + sxd_{s,r})) + btrips_{r,rr} * \Delta btrips_{r,rr}$$

- 5) Pris høyere enn grensekostnad for bedrifter i imperfekte sektorer:

$$PDC_{i,s,r} = \frac{(PD_{s,r} NF_{s,r})^{\frac{1}{(1-\text{elasReg}_{s,r})}}}{AUXV_{s,r}} + PD_{s,r}$$

6) Pris på innenlandsk produserte varer:

$$PXX_{i,r} = \frac{1}{\alpha A1_{i,r}} \left[\sum_{rr} \gamma A4_{i,r,rr} \sigma A1_{i,r} (PDDE_{i,r,rr} + PTM \cdot trmV_{rr,r,i})^{1-\sigma A1_{i,r}} \right]^{\frac{1}{1-\sigma A1_{i,r}}}$$

7) Markedsklarering, tilbud = etterspørsel:

$$X_{i,r} = C_{i,r} + CG_{i,r} + I_{i,r} + SV_{i,r} + TMX_{i,r} + \sum_s iO_{s,i,r} XD_{s,r}$$

8) Etterspørsel etter innenlandske varer levert fra region:

$$XDDE_{i,rr,r} = X_{i,r} \left[\left(\frac{\gamma A3_{i,r}}{PXX_{i,r}} \right)^{\sigma A1_{i,r}} P_{i,r}^{\sigma A1_{i,r}} \alpha A_{i,r}^{(\sigma A1_{i,r}-1)} \left(\frac{\gamma A4_{i,r,rr}}{PDDE_{i,r,rr} + PTM \cdot trmV_{rr,r,i}} \right)^{\sigma A1_{i,r}} PXX_{i,r}^{\sigma A1_{i,r}} \alpha A1_{i,r}^{(\sigma A1_{i,r}-1)} \right]$$

9) Innenlandsk etterspørsel etter innenlandske varer fra sektor s levert til region rr:

$$XDDED_{s,i,r,rr} = XDDE_{i,r,rr} \left[\left(\frac{\gamma A5_{s,i,r,rr}}{PXXD_{s,i,r}} \right)^{\sigma A2_{i,r,rr}} PDDE_{i,r,rr}^{\sigma A2_{i,r,rr}} \alpha A2_{i,r,rr}^{(\sigma A2_{i,r,rr}-1)} \right]$$

10) Innenlandsk etterspørsel etter innenlandske varer:

$$XX_{i,r} = X_{i,r} \left[\left(\frac{\gamma A3_{i,r}}{P_{i,r}} \right)^{\sigma A1_{i,r}} PXX_{i,r}^{\sigma A1_{i,r}} \alpha A1_{i,r}^{(\sigma A1_{i,r}-1)} \right]$$

11) Nasjonal bruttoproduksjon:

$$XD_{s,r} PD_{s,r} = \sum_i XDD_{s,i,r} PDD_{s,i,r}$$

12) Nasjonal produksjon fordelt på varer og sektorer:

$$XDD_{s,i,r} = iop_{s,i,r} X D_{s,r}$$

13) Nasjonal produksjon til hjemmemarkedene:

$$XXD_{i,s,r} = XDD_{i,s,r} \left(\frac{\gamma T 3_{i,s,r}}{PXXD_{i,s,r}} \right)^{\sigma T_{i,s,r}} PDD_{i,s,r}^{\sigma T_{i,s,r}} \alpha T_{i,s,r}^{(\sigma T_{i,s,r}-1)}$$

14) Konsumprisindeks:

$$INDEX_r = \frac{\sum_i Q_{i,r}^0 P_{i,r} (1 + tc_{i,r})}{\sum_i Q_{i,r}^0 P_{i,r}^0 (1 + tc_{i,r}^0)}$$

15) Pris på private investeringer:

$$PI_r = \prod_{i,rr} \left[\frac{P_{i,rr} (1 + tc_{i,rr})}{\alpha I_{i,rr}} \right]^{\alpha I_{i,rr}}$$

16) Nominell rente:

$$RGD = \frac{\sum_{s,r} RK \cdot K_{s,r}}{\sum_{s,r} K_{s,r}}$$

17) Eksport:

$$E_{s,i,r} = XDD_{s,i,r} \left(\frac{\gamma T 2_{s,i,r}}{PE_{s,i}} \right)^{\sigma T_{s,i,r}} PDD_{s,i,r}^{\sigma T_{s,i,r}} \alpha T_{s,i,r}^{(\sigma T_{s,i,r}-1)}$$

18) Varer konsumert for produksjon av transport og handelsmargin:

$$TMX_{i,r} = atm_{i,r} \sum_{ii,rr,rrr} trmV_{rr,rrr,ii} X D D E_{ii,rr,rrr}$$

19) Private investeringer:

$$IT = S + SROW \cdot ER - \sum_{i,r} SV_{i,r} P_{i,r}$$

20) Etterspørsel etter summen av arbeidskraft og kapital (aktivitetsnivå)

$$KL_{s,r} = X D_{s,r}$$

21) Etterspørsel etter kapital:

$$\begin{aligned}
 & K_{s,r} \\
 &= \left(KL_{s,r} \left(\frac{\gamma K_{s,r}}{\left((1 + tk_{r,s})RK + \delta_{s,r}PI_{s,r} \right)} \right)^{\sigma_{KL_{s,r}}} PKL_{s,r}^{\sigma_{KL_{s,r}}} \alpha KL_{s,r}^{(\sigma_{KL_{s,r}}-1)} \right) \vartheta_{KL} \\
 &+ \left(\frac{KL_{s,r}PKL_{s,r}^0}{\left((1 + tk_{r,s})RK \right) + \delta_{s,r}PI_{s,r}^0} \right) (1 - \vartheta_{KL})
 \end{aligned}$$

Hvor den binære variabelen $\vartheta_{KL} \begin{cases} \vartheta_{KL} = 1 \text{ hvis } (K_{s,r}^0 L_{s,r}^0) > 0 \\ \vartheta_{KL} = 0 \text{ hvis } (K_{s,r}^0 L_{s,r}^0) = 0 \end{cases}$

22) Etterspørsel etter arbeidskraft:

$$\begin{aligned}
 & L_{s,r} \\
 &= \left(KL_{s,r} \left(\frac{\gamma L_{s,r}}{\left(PL_{s,r}(1 + (1 + tl_{r,s})tl_{r,s}) \right)} \right)^{\sigma_{KL_{s,r}}} PKL_{s,r}^{\sigma_{KL_{s,r}}} \alpha KL_{s,r}^{(\sigma_{KL_{s,r}}-1)} \right) \vartheta_{KL} \\
 &+ \left(\frac{KL_{s,r}PKL_{s,r}^0}{\left(PL_{s,r}^0(1 + (1 + tl_{r,s})tl_{r,s}) \right)} \right) (1 - \vartheta_{KL})
 \end{aligned}$$

Hvor den binære variabelen $\vartheta_{KL} \begin{cases} \vartheta_{KL} = 1 \text{ hvis } (K_{s,r}^0 L_{s,r}^0) > 0 \\ \vartheta_{KL} = 0 \text{ hvis } (K_{s,r}^0 L_{s,r}^0) = 0 \end{cases}$

23) Husholdningenes etterspørsel etter varer:

$$\begin{aligned}
 & P_{i,r}(1 + tc_{i,r})Q_{i,r} \\
 &= P_{i,r}(1 + tc_{i,r})\underline{Q}_{i,r} + \alpha H_{i,r} \left(B_r - \sum_{ii} \left(\underline{Q}_{ii,r} P_{ii,r}(1 + tc_{ii,r}) \right) \right)
 \end{aligned}$$

24) Husholdningenes forbruk:

$$B_r = Y_r(1 - ty_r) + T_{gr} - S_r$$

$$- \sum_{rr} (\Delta Cost_ltrips_{r,rr}) - \sum_{rr} (\Delta Cost_ctrips_{r,rr})$$

25) Husholdningenes inntekt:

$$Y_r =$$

$$\sum_{rr} (LComm_{r,rr} PL_{rr}) + \sum_{s \neq ps} K_{s,r} RK \left(\sum_{rr} (\Delta lcomm_{r,rr} lcomm_{r,rr}^0)^{\sigma_{ext}} \right)$$

$$+ KYNEG_{s,r}^0 GDPdef - LROW_r PLROW_r ER$$

$$\forall \left(\sum_{rr} \Delta lcomm_{r,rr} lcomm_{r,rr}^0 \right) > \sum_{rr} lcomm_{r,rr}^0$$

$$Y_r =$$

$$\sum_{rr} (LComm_{r,rr} PL_{rr}) + \sum_{s \neq ps} K_{s,r} RK + KYNEG_{s,r}^0 GDPdef - LROW_r PLROW_r ER$$

$$\forall \left(\sum_{rr} \Delta lcomm_{r,rr} lcomm_{r,rr}^0 \right) \leq \sum_{rr} lcomm_{r,rr}^0$$

26) Husholdningenes sparing:

$$SH_r = mps_r (Y_r(1 - ty_r) + TRF_r \cdot GDPdef)$$

27) Total nasjonal sparing:

$$S = \sum_r SH_r + SG + \sum_{s,r} \delta_{s,r} K_{s,r} PI_{s,r}$$

28) Privat etterspørsel etter investeringsvarer:

$$I_{i,r} P_{i,r} (1 + tc_{i,s}) = \alpha I_{i,r} IT$$

29) Offentlig forbruk (innsatsfaktorer i produksjon av offentlige tjenester):

$$\begin{aligned}
 & CG_{i,r}P_{i,r}(1 + tc_{i,r}) \\
 &= \alpha G_{i,r} \left[TAXR \right. \\
 &+ \sum_{rr,ss \in \text{pubs}} (K_{ss,rr}RK + KYNEG_{ss,rr}^0 GDPdef) \\
 &\left. - \sum_{rr} (TRF_{rr}GDPdef) - SG \cdot GDPdef \right]
 \end{aligned}$$

30) Skatteinngang:

$$\begin{aligned}
 TAXR = \sum_r \left\{ \left[\sum_s PL_r L_{s,r} (tl1_{r,s} + (1 + tl1_{r,s})tl_{r,s}) + tk_{r,s}K_{s,r}RK \right. \right. \\
 \left. \left. + (txd_{r,s} - sxd_{r,s})XD_{s,r}PD_{s,r} \right] \right. \\
 \left. + \left[\sum_i tc_{r,i}P_{i,r}Q_{i,r} + I_{i,r} + CG_{i,r} + \sum_s io_{i,s,r}XD_{s,r} \right] + ty_r Y_r \right\}
 \end{aligned}$$

31) Regionalt bruttoprodukt:

$$\begin{aligned}
 GDPR_r = \sum_s XD_{s,r}PD_{s,r}^0 \\
 - \sum_{s,i} io_{s,i,r}XD_{s,r}P_{i,r}^0(1 + tc_{i,r}) \\
 + \sum_i tc_{i,r}P_{i,r}^0 \left(Q_{i,r} + I_{i,r} + CG_{i,r} + \sum_s io_{i,s,r}XD_{s,r} \right)
 \end{aligned}$$

32) Regionalt bruttoprodukt (nominell):

$$\begin{aligned}
 GDPRC_r = \sum_s XD_{s,r}PD_{s,r} - \sum_{i,s} io_{i,s,r}XD_{s,r}P_{i,r}(1 + tc_{i,c}) + \\
 + \sum_i tc_{i,r}P_{i,r} \left(Q_{i,r} + I_{i,r} + CG_{i,r} + \sum_s io_{i,s,r}XD_{s,r} \right)
 \end{aligned}$$

33) Pris på transport og handelsmargin:

$$PTM = \sum_{i,r} atm_{i,r}P_{i,r}$$

34) Endring i lagerbeholdning:

$$SV_{i,r} = svS_{i,r}X_{i,r}$$

35) Pris på summen av innsatsfaktorene arbeidskraft og kapital:

$$PKL_{s,r} = \left((1 + tk_{r,s})RK + \delta_{s,r}PI_r \right) K_{s,r} \frac{K_{s,r}^0}{KL_{s,r}KL_{s,r}^0} \\ + PL_r \left(1 + (1 + tl_{r,s})tl_{r,s} \right) L_{s,r} \frac{L_{s,r}^0}{KL_{s,r}KL_{s,r}^0}$$

36) Etterspørselen etter arbeidskraft er lik tilgangen på arbeidskraft:

$$\sum_{rr} \Delta LCOMM_{rr,r} LCOMM_{rr,r}^0 = \sum_{ss} L_{ss,r}$$

37) Import:

$$M_{i,r} = X_{i,r} \left(\frac{\gamma A_{2i,r}}{PM_i} \right)^{\sigma_{A_{i,r}}} P_{i,r}^{\sigma_{A_{i,r}}} \alpha_{A_{i,r}}^{\sigma_{A_{i,r}}(\sigma_{A_{i,r}}-1)}$$

38) Importpriser i lokal valuta:

$$PM_i = PWM_i^0 ER$$

39) Klarering av kapitalmarkedet:

$$\sum_{r,s} K_{s,r} = KEND$$

40) Husholdningenes nyttefunksjon:

$$U_r = scalU_r \frac{\prod_i (Q_{i,r} - \underline{Q}_i)^{\alpha_{H_{i,r}}}}{(1 + growth^0)^t}$$

41) CV prisindeks:

$$PCV_r = \prod_i \left[\frac{P_{i,r}(1 + tc_{r,i})}{P_{i,r}^0(1 + tc_{r,i})} \right]^{\alpha H_{i,r}}$$

42) CV budsjett:

$$SII_r = B_r - \sum_i \left(\frac{Q_{ir}}{P_{i,r}} P_{i,r}(1 + tc_{r,i}) \right)$$

43) Regionale velferdsendringer:

$$CV_r = SII_r - PVC_r SII_r^0$$

44) Nasjonale velferdsendringer:

$$CV = \sum_r CV_r$$

45) Eksportprisindeks (Laspreys):

$$INDEXE = \frac{\sum_{i,s,r} E_{i,s,r}^0 PDC_{i,s,r}}{\sum_{i,s,r} E_{i,s,r}^0 PDC_{i,s,r}^0}$$

46) Importprisindeks (Laspreys):

$$INDEXM = \frac{\sum_{i,r} PWM_i^0 ER \cdot M_{i,r}^0}{\sum_{i,r} PM_i^0 M_{i,r}^0}$$

47) Total eksport, realverdi:

$$ET = \frac{\sum_{i,s,r} E_{i,s,r} PDC_{i,s,r}}{INDEXE}$$

Transportøkonomisk institutt (TØI) Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

TØI er et anvendt forskningsinstitutt, som mottar basisbevilgning fra Norges forskningsråd og gjennomfører forsknings- og utredningsoppdrag for næringsliv og offentlige etater. TØI ble opprettet i 1964 og er organisert som uavhengig stiftelse.

TØI utvikler og formidler kunnskap om samferdsel med vitenskapelig kvalitet og praktisk anvendelse. Instituttet har et tverrfaglig miljø med rundt 70 høyt spesialiserte forskere.

Instituttet utgir tidsskriftet Samferdsel med 10 nummer i året og driver også forskningsformidling gjennom TØI-rapporter, artikler i vitenskapelige tidsskrifter, samt innlegg og intervjuer i media. TØI-rapportene er gratis tilgjengelige på instituttets hjemmeside www.toi.no.

TØI er partner i CIENS Forskningscenter for miljø og samfunn, lokalisert i Forskningsparken nær Universitetet i Oslo (se www.ciens.no). Instituttet deltar aktivt i internasjonalt forsknings-samarbeid, med særlig vekt på EUs rammeprogrammer.

TØI dekker alle transportmidler og temaområder innen samferdsel, inkludert trafiksikkerhet, kollektivtransport, klima og miljø, reiseliv, reisevaner og reiseetterspørsel, arealplanlegging, offentlige beslutningsprosesser, næringslivets transport og generell transportøkonomi.

Transportøkonomisk institutt krever opphavsrett til egne arbeider og legger vekt på å opptre uavhengig av oppdragsgiverne i alle faglige analyser og vurderinger.

Besøks- og postadresse:

Transportøkonomisk institutt
Gautstadalléen 21
NO-0349 Oslo

22 57 38 00
toi@toi.no
www.toi.no