

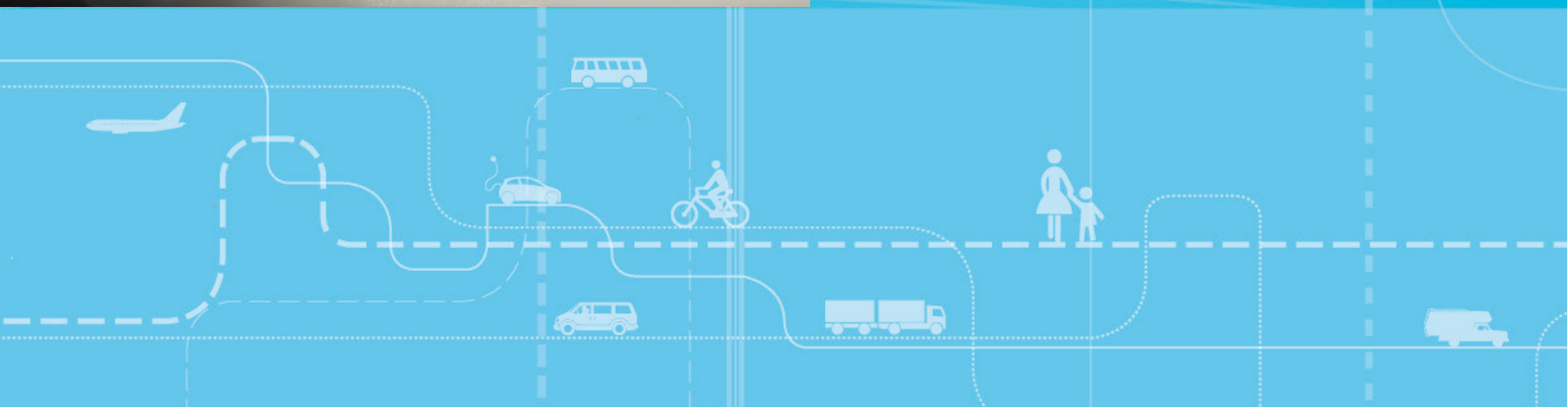
TØI rapport 1704/2019

Kenneth Løvold Rødseth
Paal Brevik Wangsness
Knut Veisten
Alena Katharina Høye
Rune Elvik
Ronny Klæboe
Harald Thune-Larsen
Lasse Fridstrøm
Elizabeth Lindstad
Agathe Riiland
Kristofer Odolinski
Jan-Eric Nilsson

tøi Transportøkonomisk institutt
Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

Eksterne kostnader ved transport i Norge

Estimater av marginale skadekostnader for person- og godstransport



Eksterne kostnader ved transport i Norge

Estimater av marginale skadekostnader for person- og godstransport

Kenneth Løvold Rødseth
Paal Brevik Wangsness
Knut Veisten
Rune Elvik
Alena Katharina Høye
Ronny Klæboe
Harald Thune-Larsen
Lasse Fridstrøm
Elizabeth Lindstad
Agathe Rialland
Kristofer Odolinski
Jan-Eric Nilsson

Forsidebilde: Shutterstock

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: Eksterne kostnader ved transport i Norge – Estimer av marginale skadestkostnader for person- og godstransport

Forfattere: Kenneth Løvold Rødseth
Paal Brevik Wangsness
Knut Veisten
Alena Katharina Høye
Rune Elvik
Ronny Klæboe
Harald Thune-Larsen
Lasse Fridstrøm
Elizabeth Lindstad
Agathe Riialand
Kristofer Odolinski
Jan-Eric Nilsson

Dato: 12.2019

TØI-rapport: 1704/2019

Sider: 352

ISSN elektronisk: 2535-5104

ISBN elektronisk: 978-82-480-2244-2

Finansieringskilder: Statens Vegvesen
Jernbanedirektoratet
Nye veier
Kystverket
Avinor

Prosjekt: 4645 – GODSKOST

Prosjektleder: Kenneth Løvold Rødseth

Kvalitetsansvarlig: Kjell Werner Johansen

Fagfelt: Samfunnsøkonomiske analyser

Emneord: Vegtransport
Sjøtransport
Jernbanetransport
Skadestkostnader

Sammendrag:

I arbeidet med Nasjonal transportplan 2022-2033 jobber transportetatene og Avinor mot Regjeringens mål om et transportsystem som er sikkert, fremmer verdiskapning og bidrar til omstilling til lavutslippssamfunnet og Norges klimapliktelser. Det er i den forbindelse behov for en oppdatering av kunnskapsgrunnlaget. Transportetatene har bedt Transportøkonomisk institutt, Sintef Ocean og Statens väg- og transportforskningsinstitut om å analysere marginale skadestkostnader knyttet til transport på veg, sjø og bane. Fokuset er på kostnader knyttet til utslipp til luft, ulykker, støy, kø og akutte utslipp, samt infrastrukturkostnader. Denne rapporten dokumenterer de nye beregningene og gjengir hovedresultatene.

Title: The external costs of transport – Marginal damage cost estimates for passenger and freight transport in Norway

Authors: Kenneth Løvold Rødseth
Paal Brevik Wangsness
Knut Veisten
Alena Katharina Høye
Rune Elvik
Ronny Klæboe
Harald Thune-Larsen
Lasse Fridstrøm
Elizabeth Lindstad
Agathe Riialand
Kristofer Odolinski
Jan-Eric Nilsson

Date: 12.2019

TØI Report: 1704/2019

Pages: 352

ISSN electronic: 2535-5104

ISBN Electronic: 978-82-480-2244-2

Financed by: Norwegian Public Road Administration
Norwegian Railway Directorate
Nye veier AS
The Norwegian Coastal Administration
Avinor

Project: 4645 – GODSKOST

Project Manager: Kenneth Løvold Rødseth

Quality Manager: Kjell Werner Johansen

Research Area: Economic Models

Keywords: Road transport
Sea transport
Railway transport
Damage costs

Summary:

By means of their ongoing work on the Norwegian Transport Plan 2022-2033, the Norwegian transport agencies seek compliance with the Government's goal to develop a transport system that is safe, supports value creation, and which meets Norway's climate targets and its objective to become a low-emission society. An updated knowledge base on the negative by-products of transport is of the essence. The transport agencies have consequently requested The Institute of Transport Economics, Sintef Ocean, and the Swedish National Road and Transport research Institute to analyze the marginal damage costs of transports by road, sea, and rail. The emphasis is on emissions to air, accidents, noise, congestion, infrastructure costs, and acute pollution. This report presents the research undertaken in the project and summarizes the main results.

Language of report: Norwegian

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

*Institute of Transport Economics
Gaustadalléen 21, N-0349 Oslo, Norway
Telephone +47 22 57 38 00 - www.toi.no*

Forord

I arbeidet med Nasjonal transportplan 2022-2033 jobber transportetatene og Avinor mot Regjeringens mål om et transportsystem som er sikkert, fremmer verdiskapning og bidrar til omstilling til lavutslippssamfunnet og Norges klimaforpliktelser. Det er i den forbindelse behov for en oppdatering av kunnskapsgrunnlaget. Denne rapporten dokumenterer data, metoder og hovedresultater fra et forskningsprosjekt finansiert av transportetatene omhandlende skadekostnader ved transport på veg, sjø og bane.

Prosjektet er gjennomført som et samarbeid mellom Transportøkonomisk institutt (TØI), Sintef Ocean (SO) og Statens väg- og transportforskningsinstitut (VTI). Prosjektet har vært ledet av Kenneth Løvold Rødseth (TØI), som har vært ansvarlig for analysene om kø og akutte utslipp; Paal Brevik Wangsness (TØI) har vært ansvarlig for analysene av utslipp til luft fra transport på veg og bane; Knut Veisten og Rune Elvik (begge TØI) har vært ansvarlig for analyse av ulykker; Ronny Klæboe (TØI) har sammen med Rødseth analysert støykostnader; Harald Thune-Larsen (TØI) har hatt ansvar for infrastrukturkostnader ved vegtransport; Lasse Fristrøm (TØI) har vært ansvarlig for framskrivninger av utslipp til luft fra vegtransport, mens Elizabeth Lindstad og Agathe Riialand (SO) har vært ansvarlig for utslipp til luft fra skip. Kristofer Odolinski og Jan-Eric Nilsson (begge VTI) har analysert infrastrukturkostnader på jernbanen. Det er også utført en mindre delstudie om skadekostnader ved flytransport i samarbeid med Avinor. Resultatene fra denne studien ligger som vedlegg til denne rapporten.

Det har vært avholdt 4 fagmøter med oppdragsgiver samt et eget møte med Folkehelseinstituttet om verdsetting av støy. Prosjektteamet takker for gode innspill og støtte fra etatene. En spesiell takk rettes til kontaktpersonene Malene Nerland (Jernbanedirektoratet) og Alexander Frostis (Kystverket), samt til Torbjørn Ursin, Gunnar Markussen, Joanna Maria Kiepiela og Martin Sund (Bane nor); Helena Axelsson og Even Sund (Statens vegvesen); Jon Kristian Ryan-Hovland (Jernbanedirektoratet) og Gunn Marit Aasvang (Folkehelseinstituttet).

Assisterende direktør Kjell Werner Johansen har kvalitetssikret denne rapporten.

Oslo, januar 2020

Transportøkonomisk institutt

Gunnar Lindberg
Direktør

Kjell Werner Johansen
Avdelingsleder

Innhold

Sammendrag

Summary

DEL 1 INNLEDNING	1
1 Leseveiledning	3
2 Bakgrunn	4
3 Marginale skadekostnader	5
3.1 Økonomiske virkemidler i teorien	6
3.2 Økonomiske virkemidler i praksis	6
4 Lokale og ikke-lineære virkninger	8
Referanser, Del 1 - Innledning	9
DEL 2 UTSLIPP TIL LUFT	11
5 Utslipp til luft - verdsetting per utslippsenhet	13
5.1 Enhetspriser på globale utslipp	13
5.2 Enhetspriser på lokale utslipp.....	18
6 Utslipp til luft og skadekostnad per km	28
6.1 Vegtransport.....	28
6.2 Togtransport	36
6.3 Sjøtransport	37
6.4 For godstransport: Skadekostnad per tonnkm.....	37
6.5 Eksempelberegninger for utvalgte transportkjeder	39
Referanser, Del 2 - Utslipp til luft	44
Vedlegg 1, Del 2 - Utslipp til luft_sjøtransport	46
Vedlegg 2, Del 2 - Lokalt forurensende utslipp fra veitrafikk 2015-2050	53
V2.1 Innledning.....	53
V2.2 Utslippsrater 2016	53
V2.3 Kjøretøybestand og trafikkarbeid mot 2050.....	60
V2.4 Utslipp 2015-2050	63
V2.5 Oppsummering og tolkning.....	65
Referanser	67
Vedlegg 3, Del 2 - Tabeller	68
DEL 3 ULYKKER	75
7 Innledning	77
7.1 Kategorisering.....	79
7.2 Offisielle skadedata – 2006-2017	83
7.3 Verdsetting av endret risiko for skade.....	106
7.4 Antatt trafikkvekst over tid.....	106
7.5 Estimerte transportulykkeskostnader	108
7.6 Følsomhetsanalyser	122

7.7	Oppsummering.....	126
	Referanser, Del 3 - Ulykker.....	133
	Vedlegg, Del 3 - Ulykker.....	136
	V1.1 Estimerte skadetall basert på justering for antatt underrapportering.....	136
	V1.2 Estimert egenrisiko og fremmedrisiko	139
	DEL 4 MARGINALE STØYKOSTNADER VED TRANSPORT	143
8	Støy	145
8.1	Marginale eksterne kostnader beregnes i to trinn.....	146
8.2	Nytt moment: endring i antallet berørte	147
8.3	Helsekostnader verdsettes i DALY	148
8.4	Helsekostnader ved flere sterkt støyplagede	148
8.5	Helsekostnader grunnet søvnforstyrrelser.....	150
8.6	Vi velger å ikke korrigere for overlapp	152
8.7	Helsekostnader iskemiske hjertekarlidelser	153
8.8	Lettere plager og ulemper gir også en kostnad	155
8.9	Ulempekostnader utelatt	157
8.10	Enhetspriser oppsummert	157
9	Oppdaterte beregninger for vegtrafikkstøy	159
10	Nye beregninger for jernbanestøy	164
10.1	Resultater	167
10.2	Generalisering av resultatene.....	169
	Vedlegg, Del 4 - Støy.....	173
	DEL 5 DRIFT OG VEDLIKEHOLD.....	179
11	Infrastrukturkostnader	181
12	Kostnader ved vegtransport	182
12.1	Bakgrunn	182
12.2	Estimering av marginale reinvesteringskostnader	182
13	Kostnader ved transport på jernbanen.....	191
13.1	Utvelgelse av elastisiteter.....	191
13.2	Beregning av gjennomsnittskostnader	192
13.3	Marginale kostnader.....	193
13.4	Internalisering av eksterne kostnader.....	194
14	Infrastrukturkostnader for sjøtransport	195
	Referanser, Del 5 - Drift og vedlikehold	197
	Vedlegg, Del 5 - Drift og vedlikehold	198
	DEL 6 KØKOSTNADER.....	215
15	Om køkostnader.....	217
16	Analytisk modell.....	219
17	Empirisk implementering.....	222
17.1	Tidsverdier	222
17.2	Køfunksjoner.....	223
18	Resultater	227

18.1 Fartsberegninger.....	227
18.2 Marginale eksterne kostnader	229
18.3 Internalisering av køkostnader	233
19 Tunge kjøretøyer.....	234
Referanser, Del 6 - Køkostnader.....	237
Vedlegg, Del 6 - Køkostnader.....	238
DEL 7 AKUTTE UTSLIPP.....	241
20 Bakgrunn.....	243
21 Analytisk rammeverk	244
22 Empirisk implementering.....	245
22.1 Ulykkesfrekvenser	245
22.2 Utslippsomfanget	246
22.3 Verdsetting av utslippet.....	248
23 Resultater	250
Referanser, Del 7 - Akutte utslipp	252
DEL 8 AVSLUTTENDE KAPITTEL.....	253
24 Oppsummering marginale skadekostnader fra transport	255
24.1 Skadekostnader per km.....	255
24.2 Skadekostnader per tonnkm	262
24.3 Avsluttende bemerkninger.....	266
Vedlegg 1, Del 8 - Sammenligning med tidligere beregninger	267
V1.1 Vegtransport.....	267
V1.2 Togtransport	272
V1.3 Sjøtransport.....	273
V1.4 Endringer fra tidligere beregninger – kort oppsummert	276
Vedlegg 2, Del 8 - Detaljerte tabeller for skadekostnader fra sjøtransport	277
V2.1 Utslipp til luft	277
V2.3 Ulykker.....	278
V2.3 Uhellutslipp.....	279
Vedlegg 3, Del 8 - Avgifter som grovt internaliserer de eksterne kostnadene	280
Vedlegg 4, Del 8 - Hvordan bruke utslippsbaner og prisbaner til nyttekostnadsanalyse	283
Vedlegg 5, Del 8 - Skadekostnader og økonomiske transaksjoner for utvalgte case	284
V5.1 Prinsipielle avklaringer om avgifter og samfunnsøkonomisk effektivitet.....	284
V5.2 Gjennomgang av økonomiske transportpolitiske virkemidler.....	289
V5.3 Resultater	298
V5.4 Diskusjon og konklusjon.....	306
Referanser, Del 8-5.....	308
Vedlegg 6, Del 8 - Skadekostnader fra vegtransport på Euroklassenivå.....	309
DEL 9 TILLEGGSBEREGNINGER FOR LUFTFART	316
Sammendrag	316

25	Resultater	317
25.1	Utslipp til luft.....	317
25.2	Støy.....	318
26	Beregning av utslipp til luft fra luftfart som grunnlag for beregning av eksterne marginale kostnader for luftfart	319
26.1	Utslipp.....	319
26.2	Utslippskostnader.....	328
Referanser, Del 9, Kap. 26.....		333
27	Marginale kostnader ved flystøy	334
27.1	Bakgrunn	334
27.2	Verdsetting av flystøy	334
27.3	Beregning av marginal flystøy	340
27.4	Empirisk studie av marginale støykostnader.....	341
27.5	Resultater.....	345
27.6	Sammenstilling og anbefalinger.....	350
Referanser, Del 9, Kap. 27.....		352

Sammendrag

Eksterne kostnader ved transport i

Norge

Estimater av marginale skadekostnader for person- og godstransport

TØI rapport 1704/2019

Forfattere: Kenneth Løvold Rødseth, Paal Brevik Wangsnes, Knut Veisten, Alena Katbarina Høye, Rune Elvik, Ronny Klæboe, Harald Thune-Larsen, Lasse Fridstrøm, Elizabeth Lindstad, Agathe Rialland, Kristofer Odolinski og Jan-Eric Nilsson
Oslo 2019 352 sider

Transportetatene har bedt Transportøkonomisk institutt, Sintef Ocean og Statens väg- og transportforskningsinstitutt om å analysere marginale skadekostnader knyttet til transport på veg, sjø og bane. Fokuset er på kostnader knyttet til utslipp til luft, ulykker, støy, kø og akutte utslipp, samt infrastrukturkostnader. Denne rapporten dokumenterer de nye beregningene og gjengir hovedresultatene.

Skadekostnader ved transport

Det er velkjent at transport gir opphav til flere typer ulemper for samfunnet, slik som søvnforstyrrelser, bidrag til helseplager eller tap av rekreasjonsverdi. Vi omtaler disse samlet som *skadekostnader*. I arbeidet med Nasjonal transportplan 2022-2033 jobber transportetatene og Avinor mot Regjeringens mål om et transportsystem som er sikkert, fremmer verdiskapning og bidrar til omstilling til lavutslippssamfunnet og Norges klimaforpliktelser. Det er i den forbindelse behov for en oppdatering av kunnskapsgrunnlaget om samfunnets kostnader ved transport. Transportøkonomisk institutt, Sintef Ocean og Statens väg- og transportforskningsinstitutt er bedt om å analysere *marginale* skadekostnader knyttet til transport på veg, sjø og bane, dvs. hvordan skadekostnadene endrer seg når trafikkvolumet økes med en enhet (kjøretøy/kilometer/tur).

Transportetatene har bedt om en dybdeanalyse av marginale skadekostnader knyttet til:

- Utslipp til luft
- Ulykker
- Støy
- Kø
- Akutte utslipp
- Infrastruktur (drift og vedlikehold)

Interne og eksterne skadekostnader

Læreboken i samfunnsøkonomi beskriver stilistisk situasjoner hvor transportbrukerne tar hensyn til egne kostnader men neglisjerer skadekostnadene som transporten medfører når de tar sine transportvalg. I dette tilfellet blir brukerkostnadene *lavere* enn samfunnets samlede kostnader ved transport: Forskjellen mellom brukerkostnadene og samfunnets kostnader ved transport utgjøres nemlig av skadekostnadene. Når brukeren ikke tar hensyn til skadekostnadene omtales de typisk som *eksterne kostnader*. For lave brukerkostnader gir mer transport enn hva som er samfunnsøkonomisk optimalt.

I tilfeller hvor det oppstår et gap mellom brukerens og samfunnets kostnader kan ulike virkemidler benyttes til å rette opp misforholdet. Et velkjent virkemiddel er Pigou-avgiften. Denne innrettes slik at transportbrukeren til enhver tid møter en avgift som er proporsjonal med de marginale skadekostnadene som transporten gir opphav til. I dette tilfellet er det ikke lenger er snakk om en ekstern kostnad siden transportbrukeren tar hensyn til skadekostnadene gjennom avgiften. Vi sier da at skadekostnadene er *internalisert*.

I læreboken i miljøøkonomi beskrives det hvordan hvert miljøproblem ved transport kan korrigeres med et målrettet virkemiddel. I realiteten møter transportbrukerne i dag en kombinasjon av ulike virkemidler – fra parkeringsrestriksjoner til drivstoffavgifter og bompenger – som i varierende grad utfyller rent fiskale hensyn eller er innrettet for å korrigere uønskede biprodukter av transport. Det er få av virkemidlene som brukes som målrettet søker å internalisere skadekostnadene. En *vegpris* differensiert i henhold til reelle skadekostnader (som avhenger av kjøretøytype, førerstil og tid og sted for turene) ville samfunnsøkonomisk sett være den beste formen for prising av negative eksternaliteter i transportsektoren. Dette innebærer at man bruker teknologi til å kartlegge hvor og når turer finner sted slik at miljøavgiftene kan tilpasses. Denne rapporten kan sees som et innspill til utformingen av slike avgifter da fokuset på skadekostnader som en funksjon av tid og sted for transportene er et gjennomgående tema.

Hovedresultater

Denne rapporten fungerer i første rekke som en dokumentasjon av metode. Prosjektet har hatt fokus på detaljerte dekomponeringer av skadekostnader etter tettstedstype og transportmiddel. Hovedleveransen består derfor av omfattende Excel-filer som er overlevert transportetatene. Tabeller som oppsummerer detaljberegningene er gjengitt i del 8 av denne rapporten. Rapporten gir også trendbaner for utviklingen av utslipp til luft og ulykker.

For vegtransport skiller vi mellom marginale skadekostnader som representerer «gjennomsnittscase» hvor vi ser på døgnet under ett, og case hvor analytikeren vet eller vil analysere konsekvensene av at trafikkendringen skjer i rushtiden i store og mellomstore tettsteder. Her i sammendraget viser vi kun tabellene som sammenfatter marginale skadekostnadene for «gjennomsnittscase», gitt ved de følgende tre tabellene.

Tabell S.1: Tunge godsbiler, kr per km for ulike skadekostnader, døgnet sett under ett.

Vektklasse	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
<=7,5t	Spredt bebyggelse	0,17	0,05	0,24	0,00	0,55	0,00	1,01
<=7,5t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,16	0,39	1,63	0,21	0,55	0,00	2,94
<=7,5t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,16	2,68	2,39	1,48	0,55	0,00	7,26
>7,5-14t	Spredt bebyggelse	0,24	0,06	0,24	0,00	0,55	0,03	1,12
>7,5-14t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,24	0,47	1,63	0,21	0,55	0,03	3,13
>7,5-14t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,24	3,05	2,39	1,48	0,55	0,03	7,75
>14-20t	Spredt bebyggelse	0,29	0,06	0,24	0,00	0,55	0,09	1,23
>14-20t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,31	0,53	1,63	0,21	0,55	0,09	3,32
>14-20t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,31	3,30	2,39	1,48	0,55	0,09	8,12
>20-28t	Spredt bebyggelse	0,39	0,07	0,24	0,00	0,55	0,07	1,32
>20-28t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,42	0,56	1,63	0,21	0,55	0,07	3,44
>20-28t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,42	3,46	2,39	1,48	0,55	0,07	8,37
>28-40t	Spredt bebyggelse	0,46	0,07	0,24	0,00	0,37	0,03	1,17
>28-40t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,50	0,54	1,63	0,21	0,37	0,03	3,28
>28-40t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,50	3,36	2,39	1,48	0,37	0,03	8,12
>40-50t	Spredt bebyggelse	0,50	0,07	0,24	0,00	0,40	0,15	1,35
>40-50t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,54	0,56	1,63	0,21	0,40	0,15	3,49

Vektklasse	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
>40-50t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,54	3,43	2,39	1,48	0,40	0,15	8,39
>50-60t	Spredt bebyggelse	0,60	0,10	0,24	0,00	0,40	0,23	1,57
>50-60t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,66	0,69	1,63	0,21	0,40	0,23	3,81
>50-60t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,66	4,06	2,39	1,48	0,40	0,23	9,22
Bensin, alle klasser	Spredt bebyggelse	0,24	0,11	0,24	0,00	0,55	0,03	1,17
Bensin, alle klasser	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,25	0,57	1,63	0,21	0,55	0,03	3,23
Bensin, alle klasser	Tettsted (>100 000 innb.)	0,25	3,38	2,39	1,48	0,55	0,03	8,08
El eller hydrogen	Spredt bebyggelse	0,00	0,00	0,24	0,00	0,55	0,03	0,82
El eller hydrogen	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,00	0,18	1,63	0,21	0,55	0,03	2,60
El eller hydrogen	Tettsted (>100 000 innb.)	0,00	1,63	2,39	1,48	0,55	0,03	6,08

Merknad: Metodikken skiller ikke mellom støy fra ulike kjøretøyteknologier, kun mellom tunge og lette kjøretøy.

Tabell S.2: Personbiler, kr per km for ulike skadekostnader, døgnet sett under ett.

Drivstoff	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
Diesel	Spredt bebyggelse	0,06	0,01	0,04	0,00	0,12	0,03	0,26
Diesel	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,07	0,09	0,30	0,21	0,12	0,03	0,82
Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	0,07	0,53	0,33	1,48	0,12	0,03	2,56
Hybrid	Spredt bebyggelse	0,04	0,00	0,04	0,00	0,12	0,03	0,23
Hybrid	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,05	0,03	0,30	0,21	0,12	0,03	0,73
Hybrid	Tettsted (>100 000 innb.)	0,05	0,24	0,33	1,48	0,12	0,03	2,25
LPG	Spredt bebyggelse	0,06	0,00	0,04	0,00	0,12	0,03	0,25
LPG	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,07	0,03	0,30	0,21	0,12	0,03	0,76
LPG	Tettsted (>100 000 innb.)	0,07	0,26	0,33	1,48	0,12	0,03	2,29
Bensin	Spredt bebyggelse	0,07	0,00	0,04	0,00	0,12	0,03	0,26
Bensin	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,08	0,04	0,30	0,21	0,12	0,03	0,78
Bensin	Tettsted (>100 000 innb.)	0,08	0,30	0,33	1,48	0,12	0,03	2,34
Alle med ICE	Spredt bebyggelse	0,07	0,01	0,04	0,00	0,12	0,03	0,26
Alle med ICE	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,08	0,07	0,30	0,21	0,12	0,03	0,80
Alle med ICE	Tettsted (>100 000 innb.)	0,08	0,44	0,33	1,48	0,12	0,03	2,48
Nullutslippsbiler	Spredt bebyggelse	0,00	0,00	0,04	0,00	0,12	0,03	0,19
Nullutslippsbiler	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,00	0,03	0,30	0,21	0,12	0,03	0,68
Nullutslippsbiler	Tettsted (>100 000 innb.)	0,00	0,24	0,33	1,48	0,12	0,03	2,19

Tabell S.3: Varebiler, MC og buss, kr per km for ulike skadekostnader, døgnet sett under ett.

Kjøretøy	Drivstoff	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
Varebiler	D	Spredt bebyggelse	0,09	0,02	0,04	0,00	0,05	0,03	0,23
Varebiler	D	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,10	0,09	0,30	0,21	0,05	0,03	0,78
Varebiler	D	Tettsted (>100 000 innb.)	0,10	0,59	0,33	1,48	0,05	0,03	2,58
Varebiler	P	Spredt bebyggelse	0,08	0,01	0,04	0,00	0,05	0,03	0,21
Varebiler	P	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,09	0,06	0,30	0,21	0,05	0,03	0,74
Varebiler	P	Tettsted (>100 000 innb.)	0,09	0,41	0,33	1,48	0,05	0,03	2,39
MC	P	Spredt bebyggelse	0,04	0,00	0,04	0,00	0,43	0,00	0,51
MC	P	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,04	0,01	0,30	0,21	0,43	0,00	0,99
MC	P	Tettsted (>100 000 innb.)	0,04	0,07	0,33	1,48	0,43	0,00	2,36
Turbuss	D	Spredt bebyggelse	0,40	0,07	0,24	0,00	0,36	0,03	1,09
Turbuss	D	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,47	0,62	1,63	0,21	0,36	0,03	3,31
Turbuss	D	Tettsted (>100 000 innb.)	0,47	3,69	2,39	1,48	0,36	0,03	8,42
Bybuss	CNG	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,53	0,46	1,63	0,21	0,36	0,03	3,22
Bybuss	CNG	Tettsted (>100 000 innb.)	0,53	2,91	2,39	1,48	0,36	0,03	7,69
Bybuss	D	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,44	0,52	1,63	0,21	0,36	0,03	3,18
Bybuss	D	Tettsted (>100 000 innb.)	0,44	3,21	2,39	1,48	0,36	0,03	7,90

Merknad: Ved rapportering av støykostnader er MC behandlet som et lett kjøretøy. Metodikken skiller kun mellom støykostnader for tunge og lette kjøretøy.

For togtransport skiller vi mellom marginale skadekostnader for togkm kjørt på dagtid og nattestid, ettersom det er store forskjeller i marginale støykostnader. Her i sammendraget oppgis kun tabellen for kjøring på dagtid. For kostnadspostene «drift og vedlikehold» og «reinvesteringer» er det store forskjeller mellom regioner. I tabellene under viser vi nasjonale gjennomsnittlige marginalkostnader som vektet etter årlige togkm kjørt i hver region.

Tabell S.4: Marginale skadekostnader, kr per togkm, dagtid (2019-kr).

Togtype	Drivstoff	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Ulykker	Drift og vedlikehold	Reinvestering	SUM
Godstog (gjennomsnittscase)	Diesel	Spredd bebyggelse	10,48	7,37	2,63	1,36	18,08	32,74	72,64
Godstog (gjennomsnittscase)	Diesel	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	10,48	35,63	8,81	1,36	18,08	32,74	107,09
Godstog (gjennomsnittscase)	Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	10,48	199,81	9,23	1,36	18,08	32,74	271,69
Godstog (gjennomsnittscase)	Elektrisk	Spredd bebyggelse	0,00	0,00	2,63	1,36	18,08	32,74	54,80
Godstog (gjennomsnittscase)	Elektrisk	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,00	0,00	8,81	1,36	18,08	32,74	60,98
Godstog (gjennomsnittscase)	Elektrisk	Tettsted (>100 000 innb.)	0,00	0,00	9,23	1,36	18,08	32,74	61,40
Persontog	Diesel	Spredd bebyggelse	1,95	1,37	0,45	1,04	18,08	32,74	55,63
Persontog	Diesel	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	1,95	6,63	1,21	1,04	18,08	32,74	61,64
Persontog	Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	1,95	37,15	1,20	1,04	18,08	32,74	92,16
Persontog	Elektrisk	Spredd bebyggelse	0,00	0,00	0,45	1,04	18,08	32,74	52,31
Persontog	Elektrisk	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,00	0,00	1,21	1,04	18,08	32,74	53,07
Persontog	Elektrisk	Tettsted (>100 000 innb.)	0,00	0,00	1,20	1,04	18,08	32,74	53,06

På grunn av omfattende tabeller for kategorisering av skip, både skips kategorier, dødvektstonn-kategorier og lengdekategorier, vil vi kun presentere sluttsummen for marginale skadekostnader for hver av områdetypene, og kun kategorisert etter dødvektstonn. Totalt blir det tre tabeller. Sluttsummen består av skadekostnader fra utslipp til luft, ulykker og uhellsutslipp. Det som skiller mellom skadekostnader for områdekategoriene er utslipp til luft.

Tabell S.5: Samletabell skadekostnader, kr per skipkm, etter skipstype og dwt-kategori, Spredd bebyggelse (2019-kr).

skipstype_ngm	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	19,6	46,7	91,8	166,2	220,4	211,7	226,5	268,3
Container Lo/Lo		69,4	131,7	205,0	236,8	286,8	332,6	389,5
Cruise	80,8	258,9	520,2					
Hurtigbåt	24,8	173,1						
Innenlands_ropax	42,1	92,9						
Kjemi/Produkt tanker	58,2	92,9	139,1	212,1	261,7	242,6	258,5	358,0
Kjøle/fryseskip	35,5	82,8	142,5	224,4				
Kystrute	175,1	208,9						
LPG/LNG	63,8	87,7	159,1	230,5	240,1	275,9	305,3	405,3
Offshore skip	62,5	149,1	147,8					
Ro-Ro cargo	26,7	89,8	146,0	229,6	278,2			
Tanker	57,5	98,3	153,3	301,9	256,7	311,5	255,2	390,7
Tørrbulk	35,5	74,1	102,0	158,1	199,9	205,1	211,6	249,6
Utenlandsferge	261,7	283,4	447,3					

Tabell S.6: Samletabell skadekostnader, kr per skipkm, etter skipstype og dwt-kategori, Tettsted (15 000 - 100 000 innb.) (2019-kr).

skipstype_ngm	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	34,1	82,5	165,3	352,1	499,6	449,9	510,6	606,7
Container Lo/Lo		132,8	257,9	456,8	538,9	649,3	767,7	911,5
Cruise	145,8	609,3	1289,4					
Hurtigbåt	51,4	353,2						
Innenlands_ropax	80,3	186,9						
Kjemi/Produkt tanker	88,9	145,1	241,4	430,7	554,1	500,5	539,2	774,5
Kjøle/fryseskip	57,9	141,7	255,5	505,0				
Kystrute	399,5	490,9						
LPG/LNG	120,3	152,6	326,6	502,3	529,7	628,3	695,8	942,3
Offshore skip	115,8	305,6	305,2					
Ro-Ro cargo	49,8	188,9	308,2	515,6	621,3			
Tanker	80,2	157,7	247,8	636,4	502,8	603,0	491,4	828,7
Tørrbulk	55,8	122,5	185,7	350,3	444,1	454,1	465,6	575,1
Utenlandsferge	578,1	674,3	1090,1					

Tabell S.7: Samletabell skadekostnader, kr per skipkm, etter skipstype og dwt-kategori, Tettsted (> 100 000 innb.) (2019-kr).

skipstype_ngm	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	104,7	256,2	520,0	1241,1	1826,1	1581,3	1851,7	2205,8
Container Lo/Lo		439,5	865,5	1645,0	1964,8	2360,4	2820,9	3375,4
Cruise	461,9	2267,4	4888,1					
Hurtigbåt	181,1	1221,3						
Innenlands_ropax	266,1	641,3						
Kjemi/Produkt tanker	238,7	397,6	733,8	1467,1	1934,6	1718,3	1865,8	2745,8
Kjøle/fryseskip	166,4	427,0	804,0	1831,0				
Kystrute	1463,2	1824,4						
LPG/LNG	394,0	466,9	1128,2	1791,5	1901,1	2295,0	2544,5	3461,6
Offshore skip	375,4	1068,2	1071,1					
Ro-Ro cargo	162,1	663,8	1079,0	1877,2	2255,2			
Tanker	191,1	445,1	703,2	2213,9	1667,5	1989,0	1607,8	2883,3
Tørrbulk	154,8	356,9	589,9	1257,7	1597,3	1631,3	1666,7	2101,8
Utenlandsferge	2112,8	2546,1	4161,2					

Rapporten er først og fremst en dokumentasjonsrapport for en stor mengde skadekostnadsestimater som kan brukes i samfunnsøkonomiske analyser i Norge. Rapporten fungerer i så måte som et oppslagsverk for å hente ut disse tallene.

Vi ønsker å understreke at flere av skadekostnadstallene er beheftet med usikkerhet. Det er usikkerhet i alle deler av beregningen, fra hvor store skadene som påføres faktisk er, og hvordan denne verdsettes. I samfunnsøkonomiske analyser anbefales det å gjøre følsomhetsanalyser med både høyere og lavere skadekostnader. Dette for å være sikre på at konklusjoner og anbefalinger er robuste mot denne usikkerheten.

Summary

The external costs of transport

Marginal damage cost estimates for passenger and freight transport in Norway

TØI Report 1704/2019

Authors: Kenneth Lovold Rødseth, Paal Brevik Wangsness, Knut Veisten, Alena Katharina Høye, Rune Elvik, Ronny Klæboe, Harald Thune-Larsen, Lasse Fridstrøm, Elizabeth Lindstad, Agathe Rialland, Kristofer Odolinski & Jan-Eric Nilsson
Oslo 2019 352 pages Norwegian language

As groundwork for the National Transport Plan 2022-2033, the Norwegian transport agencies commissioned the Institute of Transport Economics, Sintef Ocean and the Swedish National Road and Transport Research Institute to estimate marginal damage costs of road, rail, and maritime transports. This report emphasises costs due to air pollution, accidents, noise, congestion, accidental spills and infrastructure wear, and comprises damage costs of the marginal vehicle-kilometer for a wide range of vehicles used in passenger and freight transports. This report documents how the damage costs are estimated and presents the main results.

Context

It is well-known that transport activities cause harm and inconveniences to the society at large, which we refer to as “damage costs”. They may for example come in the form of sleep deprivation, detriment to human health and loss of recreation opportunities. We will consistently use “damage costs” instead of “external costs” to avoid ambiguity: That is, while damage costs from transport are taxed in a more or less precise way, implying some level of internalization, we want to account for the overall damages caused and their valuation.

The National Transport Plan (NTP) 2022-2033 aims for a transport system that is safe, promotes value creation and contributes to the transition to a low-emission society and fulfilment of Norwegian emissions reduction targets. Given the magnitude of project appraisals that will be undertaken for the NTP, there is a need for a knowledge update with regards to the social costs of transport. The idea is that better, more up-to-date cost-benefit analysis (CBA) will lead to a Transport Plan with a better project portfolio. This report has been commissioned by the Ministry of Transport and the Norwegian transport agencies; the National Public Roads Authority, the Norwegian Railway Directorate, the Norwegian Coastal Administration, along with the government owned companies Avinor (responsible for airports) and Nye Veier (responsible for some major main roads). Hereafter, we will refer to them as “the transport agencies”.

A team consisting of researchers from the Institute of Transport Economics (TØI), Sintef Ocean and the Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI) has been commissioned to estimate marginal damage costs stemming from transport by road, rail and sea. It has resulted in an analysis of damage costs (in some instances, approximated by avoidance costs) stemming from:

- Greenhouse gas emissions
- Local air pollution
- Accidents
- Noise

- Congestion
- Accidental spills
- Infrastructure cost (wear and tear)

Internal and external damage costs

The basic textbook description of external costs in the transport sector is the situation where the transport user only cares about his or her own costs and benefits, and ignores the costs that his or her transport activities impose on others. Consequently, the user costs are lower than the society's total costs of transport; i.e., the difference between the user costs and the society's costs of transport is due to the damage costs. When the user fails to take into account the damage costs, they are typically referred to as *external* costs. Because the users face a cost that is lower than the overall societal costs, the amount of transport consumed will be higher than what is economically optimal. This is an example of a market failure.

There are many possible measures to correct market failures. A well-known instrument is the Pigouvian tax. In the transport sector, such a tax could be designed so that the transport user at all times faces a tax that is proportional to the marginal damage costs he or she is imposing. In this case, the damage costs are *internalised*.

To assign one instrument per environmental problem would be the basic environmental economics textbook description of a first-best approach for dealing with environmental problems. In reality, transport users today face a combination of measures, ranging from parking restrictions to fuel taxes and tolls. Many of these instruments are implemented for fiscal considerations, and some are designed to correct market failures in the transport market. Only a few of the instruments used purposefully seek to internalise the damage costs.

In the case of road transport, a *road price* differentiated according to real damage costs (which depend on vehicle type, driving style and time and place of the trips) would, from a point of view of economic efficiency, be the best form of pricing of negative externalities in the transport sector. This means using geographical positioning systems to map where and when trips take place, so that environmental taxes can be adjusted to give the correct incentives at any place and time. This report can be seen as an input to the design of such taxes, in addition to providing parameters for CBA.

Main results

This report is mainly a documentation of the methods used and main results. The project has focused on detailed decompositions of damage costs according to geographical areas (large urban areas, small urban areas, rural areas), time of day (peak hours, off-peak hours, daily average) and a wide range of vehicle types. For accidents and emissions we also provide trend projections. Because of this, key deliverables of this project are large Excel-files containing detailed results that have been handed over to the transport agencies.

Concerning road transport, we distinguish between the damage costs for an average 24-hour period and the damage caused during peak and off-peak periods. The following three tables summarise the main marginal damage cost estimates for road transport for the average 24-hour period.

Table S1: Marginal damage costs for heavy vehicles (NOK per km).

Vehicle weight	Area	CO ₂	Local emission	Noise	Congestion	Accident	Infra-structure	SUM
<=7,5t	Rural	0,17	0,05	0,24	0,00	0,55	0,00	1,01
<=7,5t	Small urban area (Pop. 15 000 - 100 000)	0,16	0,39	1,63	0,21	0,55	0,00	2,94
<=7,5t	Large urban area (Pop. >100 000 innb.)	0,16	2,68	2,39	1,48	0,55	0,00	7,26
>7,5-14t	Rural	0,24	0,06	0,24	0,00	0,55	0,03	1,12
>7,5-14t	Small urban area (Pop. 15 000 - 100 000)	0,24	0,47	1,63	0,21	0,55	0,03	3,13
>7,5-14t	Large urban area (Pop. >100 000 innb.)	0,24	3,05	2,39	1,48	0,55	0,03	7,75
>14-20t	Rural	0,29	0,06	0,24	0,00	0,55	0,09	1,23
>14-20t	Small urban area (Pop. 15 000 - 100 000)	0,31	0,53	1,63	0,21	0,55	0,09	3,32
>14-20t	Large urban area (Pop. >100 000 innb.)	0,31	3,30	2,39	1,48	0,55	0,09	8,12
>20-28t	Rural	0,39	0,07	0,24	0,00	0,55	0,07	1,32
>20-28t	Small urban area (Pop. 15 000 - 100 000)	0,42	0,56	1,63	0,21	0,55	0,07	3,44
>20-28t	Large urban area (Pop. >100 000 innb.)	0,42	3,46	2,39	1,48	0,55	0,07	8,37
>28-40t	Rural	0,46	0,07	0,24	0,00	0,37	0,03	1,17
>28-40t	Small urban area (Pop. 15 000 - 100 000)	0,50	0,54	1,63	0,21	0,37	0,03	3,28
>28-40t	Large urban area (Pop. >100 000 innb.)	0,50	3,36	2,39	1,48	0,37	0,03	8,12
>40-50t	Rural	0,50	0,07	0,24	0,00	0,40	0,15	1,35
>40-50t	Small urban area (Pop. 15 000 - 100 000)	0,54	0,56	1,63	0,21	0,40	0,15	3,49
>40-50t	Large urban area (Pop. >100 000 innb.)	0,54	3,43	2,39	1,48	0,40	0,15	8,39
>50-60t	Rural	0,60	0,10	0,24	0,00	0,40	0,23	1,57
>50-60t	Small urban area (Pop. 15 000 - 100 000)	0,66	0,69	1,63	0,21	0,40	0,23	3,81
>50-60t	Large urban area (Pop. >100 000 innb.)	0,66	4,06	2,39	1,48	0,40	0,23	9,22
Gasoline, all types	Rural	0,24	0,11	0,24	0,00	0,55	0,03	1,17
Gasoline, all types	Small urban area (Pop. 15 000 - 100 000)	0,25	0,57	1,63	0,21	0,55	0,03	3,23
Gasoline, all types	Large urban area (Pop. >100 000 innb.)	0,25	3,38	2,39	1,48	0,55	0,03	8,08
El or hydrogen	Rural	0,00	0,00	0,24	0,00	0,55	0,03	0,82
El or hydrogen	Small urban area (Pop. 15 000 - 100 000)	0,00	0,18	1,63	0,21	0,55	0,03	2,60
El or hydrogen	Large urban area (Pop. >100 000 innb.)	0,00	1,63	2,39	1,48	0,55	0,03	6,08

Table S2: Marginal damage costs for passenger vehicles (NOK per km).

Energy	Area	CO ₂	Local emission	Noise	Congestion	Accident	Infra-structure	SUM
Diesel	Rural	0,06	0,01	0,04	0,00	0,12	0,03	0,26
Diesel	Small urban area (Pop. 15 000 - 100 000)	0,07	0,09	0,30	0,21	0,12	0,03	0,82
Diesel	Large urban area (Pop. >100 000 innb.)	0,07	0,53	0,33	1,48	0,12	0,03	2,56
Hybrid	Rural	0,04	0,00	0,04	0,00	0,12	0,03	0,23
Hybrid	Small urban area (Pop. 15 000 - 100 000)	0,05	0,03	0,30	0,21	0,12	0,03	0,73
Hybrid	Large urban area (Pop. >100 000 innb.)	0,05	0,24	0,33	1,48	0,12	0,03	2,25
LPG	Rural	0,06	0,00	0,04	0,00	0,12	0,03	0,25
LPG	Small urban area (Pop. 15 000 - 100 000)	0,07	0,03	0,30	0,21	0,12	0,03	0,76
LPG	Large urban area (Pop. >100 000 innb.)	0,07	0,26	0,33	1,48	0,12	0,03	2,29
Gasoline	Rural	0,07	0,00	0,04	0,00	0,12	0,03	0,26
Gasoline	Small urban area (Pop. 15 000 - 100 000)	0,08	0,04	0,30	0,21	0,12	0,03	0,78
Gasoline	Large urban area (Pop. >100 000 innb.)	0,08	0,30	0,33	1,48	0,12	0,03	2,34
All ICE	Rural	0,07	0,01	0,04	0,00	0,12	0,03	0,26
All ICE	Small urban area (Pop. 15 000 - 100 000)	0,08	0,07	0,30	0,21	0,12	0,03	0,80
All ICE	Large urban area (Pop. >100 000 innb.)	0,08	0,44	0,33	1,48	0,12	0,03	2,48
Zero em. veh.	Rural	0,00	0,00	0,04	0,00	0,12	0,03	0,19
Zero em. veh.	Small urban area (Pop. 15 000 - 100 000)	0,00	0,03	0,30	0,21	0,12	0,03	0,68
Zero em. veh.	Large urban area (Pop. >100 000 innb.)	0,00	0,24	0,33	1,48	0,12	0,03	2,19

Table S3: Marginal damage costs for light commercial vehicles (LCE), motor cycles (MC) and buses (NOK per km).

Vehicle type	Fuel	Area	CO ₂	Local emission	Noise	Congestion	Accident	Infra-structure	SUM
LCE	D	Rural	0,09	0,02	0,04	0,00	0,05	0,03	0,23
LCE	D	Small urban area (Pop. 15 000 - 100 000)	0,10	0,09	0,30	0,21	0,05	0,03	0,78
LCE	D	Large urban area (Pop. >100 000 innb.)	0,10	0,59	0,33	1,48	0,05	0,03	2,58
LCE	P	Rural	0,08	0,01	0,04	0,00	0,05	0,03	0,21
LCE	P	Small urban area (Pop. 15 000 - 100 000)	0,09	0,06	0,30	0,21	0,05	0,03	0,74
LCE	P	Large urban area (Pop. >100 000 innb.)	0,09	0,41	0,33	1,48	0,05	0,03	2,39
MC	P	Rural	0,04	0,00	0,04	0,00	0,43	0,00	0,51
MC	P	Small urban area (Pop. 15 000 - 100 000)	0,04	0,01	0,30	0,21	0,43	0,00	0,99
MC	P	Large urban area (Pop. >100 000 innb.)	0,04	0,07	0,33	1,48	0,43	0,00	2,36
Tour bus	D	Rural	0,40	0,07	0,24	0,00	0,36	0,03	1,09
Tour bus	D	Small urban area (Pop. 15 000 - 100 000)	0,47	0,62	1,63	0,21	0,36	0,03	3,31
Tour bus	D	Large urban area (Pop. >100 000 innb.)	0,47	3,69	2,39	1,48	0,36	0,03	8,42
City bus	CNG	Small urban area (Pop. 15 000 - 100 000)	0,53	0,46	1,63	0,21	0,36	0,03	3,22
City bus	CNG	Large urban area (Pop. >100 000 innb.)	0,53	2,91	2,39	1,48	0,36	0,03	7,69
City bus	D	Small urban area (Pop. 15 000 - 100 000)	0,44	0,52	1,63	0,21	0,36	0,03	3,18
City bus	D	Large urban area (Pop. >100 000 innb.)	0,44	3,21	2,39	1,48	0,36	0,03	7,90

We distinguish between marginal damage costs caused by rail transport during the day and at night, because of substantial differences in railway noise costs. The following table summarizes the main findings for rail transport taking place during the day. Note that marginal infrastructure costs vary substantially across regions. The table presents a weighted average of the estimated costs per region.

Table S4: Marginal damage costs of railway transport (NOK per km).

Train type	Energy	Area	CO ₂	Local emission	Noise	Accident t	Maintenance	Reinvestment	SUM
Freight train	Diesel	Rural	10,48	7,37	2,63	1,36	18,08	32,74	72,64
Freight train	Diesel	Small urban area (Pop. 15 000 - 100 000)	10,48	35,63	8,81	1,36	18,08	32,74	107,09
Freight train	Diesel	Large urban area (Pop. >100 000 innb.)	10,48	199,81	9,23	1,36	18,08	32,74	271,69
Freight train	Electricity	Rural	0,00	0,00	2,63	1,36	18,08	32,74	54,80
Freight train	Electricity	Small urban area (Pop. 15 000 - 100 000)	0,00	0,00	8,81	1,36	18,08	32,74	60,98
Freight train	Electricity	Large urban area (Pop. >100 000 innb.)	0,00	0,00	9,23	1,36	18,08	32,74	61,40
Passenger train	Diesel	Rural	1,95	1,37	0,45	1,04	18,08	32,74	55,63
Passenger train	Diesel	Small urban area (Pop. 15 000 - 100 000)	1,95	6,63	1,21	1,04	18,08	32,74	61,64
Passenger train	Diesel	Large urban area (Pop. >100 000 innb.)	1,95	37,15	1,20	1,04	18,08	32,74	92,16
Passenger train	Electricity	Rural	0,00	0,00	0,45	1,04	18,08	32,74	52,31
Passenger train	Electricity	Small urban area (Pop. 15 000 - 100 000)	0,00	0,00	1,21	1,04	18,08	32,74	53,07
Passenger train	Electricity	Large urban area (Pop. >100 000 innb.)	0,00	0,00	1,20	1,04	18,08	32,74	53,06

Because the marginal damage costs of maritime transport are reported for a wide range of ship types and according to deadweight (DWT) and length overall, we present the sum of

the individual damage costs to avoid extensive tables. The sum comprises marginal damage costs due to emissions to air, fatalities and injuries and accidental oil spills, where the air pollution cost estimates vary according to type of area.

Table S5: Marginal damage costs of maritime transports in rural areas (NOK per km).

Ship type/DWT	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	19,6	46,7	91,8	166,2	220,4	211,7	226,5	268,3
Container Lo/Lo		69,4	131,7	205,0	236,8	286,8	332,6	389,5
Cruise	80,8	258,9	520,2					
Express boat	24,8	173,1						
RoPax	42,1	92,9						
Product tanker	58,2	92,9	139,1	212,1	261,7	242,6	258,5	358,0
Reefer	35,5	82,8	142,5	224,4				
Coastal route	175,1	208,9						
LPG/LNG	63,8	87,7	159,1	230,5	240,1	275,9	305,3	405,3
Offshore ship	62,5	149,1	147,8					
Ro-Ro ship	26,7	89,8	146,0	229,6	278,2			
Crude tanker	57,5	98,3	153,3	301,9	256,7	311,5	255,2	390,7
Dry bulk	35,5	74,1	102,0	158,1	199,9	205,1	211,6	249,6
Ferry	261,7	283,4	447,3					

Table S6: Marginal damage costs of maritime transports in small urban areas (NOK per km).

Ship type/DWT	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	34,1	82,5	165,3	352,1	499,6	449,9	510,6	606,7
Container Lo/Lo		132,8	257,9	456,8	538,9	649,3	767,7	911,5
Cruise	145,8	609,3	1289,4					
Express boat	51,4	353,2						
RoPax	80,3	186,9						
Product tanker	88,9	145,1	241,4	430,7	554,1	500,5	539,2	774,5
Reefer	57,9	141,7	255,5	505,0				
Coastal route	399,5	490,9						
LPG/LNG	120,3	152,6	326,6	502,3	529,7	628,3	695,8	942,3
Offshore ship	115,8	305,6	305,2					
Ro-Ro ship	49,8	188,9	308,2	515,6	621,3			
Crude tanker	80,2	157,7	247,8	636,4	502,8	603,0	491,4	828,7
Dry bulk	55,8	122,5	185,7	350,3	444,1	454,1	465,6	575,1
Ferry	578,1	674,3	1090,1					

Table S7: Marginal damage costs of maritime transports in large urban areas (NOK per km).

Ship type/DWT	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	104,7	256,2	520,0	1241,1	1826,1	1581,3	1851,7	2205,8
Container Lo/Lo		439,5	865,5	1645,0	1964,8	2360,4	2820,9	3375,4
Cruise	461,9	2267,4	4888,1					
Express boat	181,1	1221,3						
RoPax	266,1	641,3						
Product tanker	238,7	397,6	733,8	1467,1	1934,6	1718,3	1865,8	2745,8
Reefer	166,4	427,0	804,0	1831,0				
Coastal route	1463,2	1824,4						
LPG/LNG	394,0	466,9	1128,2	1791,5	1901,1	2295,0	2544,5	3461,6
Offshore ship	375,4	1068,2	1071,1					
Ro-Ro ship	162,1	663,8	1079,0	1877,2	2255,2			
Crude tanker	191,1	445,1	703,2	2213,9	1667,5	1989,0	1607,8	2883,3
Dry bulk	154,8	356,9	589,9	1257,7	1597,3	1631,3	1666,7	2101,8
Ferry	2112,8	2546,1	4161,2					

Table S8: Samletabell skadekostnader, kr per skipkm, etter skipstype og dwt-kategori, Spredt bebyggelse (2019-kr).

Ship type/DWT	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	19,6	46,7	91,8	166,2	220,4	211,7	226,5	268,3
Container Lo/Lo		69,4	131,7	205,0	236,8	286,8	332,6	389,5
Cruise	80,8	258,9	520,2					
Hurtigbåt	24,8	173,1						
Innenlands_ropax	42,1	92,9						
Kjemi/Produkt tanker	58,2	92,9	139,1	212,1	261,7	242,6	258,5	358,0
Kjøle/fryseskip	35,5	82,8	142,5	224,4				
Kystrute	175,1	208,9						
LPG/LNG	63,8	87,7	159,1	230,5	240,1	275,9	305,3	405,3
Offshore skip	62,5	149,1	147,8					
Ro-Ro cargo	26,7	89,8	146,0	229,6	278,2			
Tanker	57,5	98,3	153,3	301,9	256,7	311,5	255,2	390,7
Tørrbulk	35,5	74,1	102,0	158,1	199,9	205,1	211,6	249,6
Utenlandsferge	261,7	283,4	447,3					

Table S9: Samletabell skadekostnader, kr per skipkm, etter skipstype og dwt-kategori, Tettsted (15 000 - 100 000 innb.) (2019-kr).

Ship type/DWT	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	34,1	82,5	165,3	352,1	499,6	449,9	510,6	606,7
Container Lo/Lo		132,8	257,9	456,8	538,9	649,3	767,7	911,5
Cruise	145,8	609,3	1289,4					
Hurtigbåt	51,4	353,2						
Innenlands_ropax	80,3	186,9						
Kjemi/Produkt tanker	88,9	145,1	241,4	430,7	554,1	500,5	539,2	774,5
Kjøle/fryseskip	57,9	141,7	255,5	505,0				
Kystrute	399,5	490,9						
LPG/LNG	120,3	152,6	326,6	502,3	529,7	628,3	695,8	942,3
Offshore skip	115,8	305,6	305,2					
Ro-Ro cargo	49,8	188,9	308,2	515,6	621,3			
Tanker	80,2	157,7	247,8	636,4	502,8	603,0	491,4	828,7
Tørrbulk	55,8	122,5	185,7	350,3	444,1	454,1	465,6	575,1
Utenlandsferge	578,1	674,3	1090,1					

Table S10: Samletabell skadekostnader, kr per skipkm, etter skipstype og dwt-kategori, Tettsted (> 100 000 innb.) (2019-kr).

Ship type/DWT	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	104,7	256,2	520,0	1241,1	1826,1	1581,3	1851,7	2205,8
Container Lo/Lo		439,5	865,5	1645,0	1964,8	2360,4	2820,9	3375,4
Cruise	461,9	2267,4	4888,1					
Hurtigbåt	181,1	1221,3						
Innenlands_ropax	266,1	641,3						
Kjemi/Produkt tanker	238,7	397,6	733,8	1467,1	1934,6	1718,3	1865,8	2745,8
Kjøle/fryseskip	166,4	427,0	804,0	1831,0				
Kystrute	1463,2	1824,4						
LPG/LNG	394,0	466,9	1128,2	1791,5	1901,1	2295,0	2544,5	3461,6
Offshore skip	375,4	1068,2	1071,1					
Ro-Ro cargo	162,1	663,8	1079,0	1877,2	2255,2			
Tanker	191,1	445,1	703,2	2213,9	1667,5	1989,0	1607,8	2883,3
Tørrbulk	154,8	356,9	589,9	1257,7	1597,3	1631,3	1666,7	2101,8
Utenlandsferge	2112,8	2546,1	4161,2					

The report is mainly a documentation of a large number of parameter estimates for damage costs stemming from transport that can be used in Norwegian CBAs. The report can be used as a reference book for the application of these estimates.

We want to underline that many of these cost estimates can be considered fairly uncertain. There is uncertainty in all parts of the calculation, from the magnitude of physical damages, to how they should be valued. We recommend that CBAs do sensitivity tests with both higher and lower values for damage costs, in order to ensure that conclusions and recommendations are robust against this uncertainty.

DEL 1

INNLEDNING

1 Leseveiledning

Denne rapporten er en sammenstilling av en rekke arbeidsdokumenter som hver dokumenterer metode, data og resultater. Hvert arbeidsdokument utgjør en egen del av rapporten og inneholder i noen tilfeller vedlegg som gir en utvidet beskrivelse og dokumentasjon av beregningene.

Rapporten er strukturert som følger:

- Del 2 omhandler **utslipp til luft**
- Del 3 omhandler **ulykker**
- Del 4 omhandler **støy**
- Del 5 omhandler **infrastrukturkostnader**
- Del 6 omhandler **køkostnader**
- Del 7 omhandler **akutte utslipp**
- Del 8 oppsummerer **hovedresultatene fra analysene**.

Detaljerte resultater er sammenstilt på Excel-formatet og er overlevert oppdragsgiver.

2 Bakgrunn

Transportetatene og Avinor er i gang med grunnlaget for Nasjonal transportplan 2022-2033. Den tverretatlige godsgruppen jobber med Regjeringens mål om et godstransport-system som er sikkert, fremmer verdiskapning og bidrar til omstilling til lavutslippssamfunnet og Norges klimaforpliktelser. Det er behov for oppdatering av kunnskapsgrunnlaget og transportetatene har i den forbindelse bedt Transportøkonomisk institutt, Sintef Ocean og Statens väg- og transportforskningsinstitutt om å analysere marginale skadekostnader knyttet til transport på veg, sjø og bane. Arbeidet tok til i september 2018 og ble avsluttet i januar 2020. Arbeidet har vært ledet av Kenneth Løvold Rødseth ved Transportøkonomisk institutt.

Et av formålene med dette prosjekt har vært å sikre en bedre sammenlikning av marginale skadekostnader knyttet til transport på veg, sjø og bane. Dette tilstrebes gjennom utviklingen av detaljerte dekomponeringer av skadekostnader etter tettstedstype, transportmiddel og trafikksituasjoner. Denne rapporten fungerer i første rekke som en dokumentasjon av metode. Hovedleveransen består også av omfattende Excel-filer som er overlevert transportetatene. Disse inneholder den detaljerte dekomponeringen av marginale skadekostnader, samt en beregning av graden av internalisering av skadekostnader knyttet til luftforurensing.

Beste praksis for en samfunnsøkonomisk analyse vil være å benytte prosjektspesifikke data – eksempelvis om relevante kjøretøytyper, trafikkforhold og kjøretøyenes fyllingsgrader – og de detaljerte resultatene (dvs. Excel-arkene) fra dette prosjektet til å analysere skadekostnader ved transport generelt og å sammenlikne marginale skadekostnader mellom ulike transportmidler spesielt. I rapporten presenteres også gjennomsnittsverdier som kan benyttes i forenklete analyser.

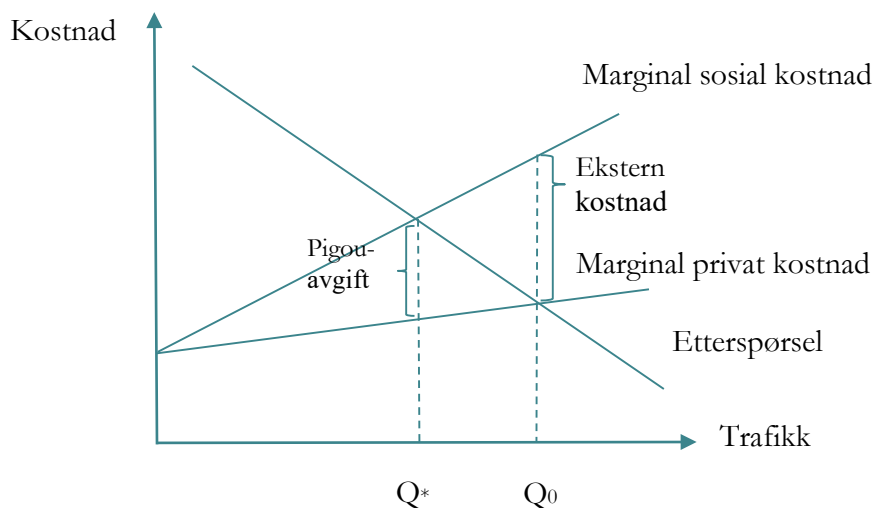
Et aspekt som skiller dette arbeidet fra tidligere arbeider om eksterne kostnader er at det er utviklet trendbaner for utslipp til luft og ulykker. Disse kan benyttes til å anslå hvordan marginale skadekostnader ved transport utvikler seg i fremtiden, noe som er spesielt relevant for samfunnsøkonomiske analyser med lang tidshorisont.

3 Marginale skadekostnader

Det er velkjent at transport gir opphav til flere typer ulemper for samfunnet, slik som søvnforstyrrelser, bidrag til helseplager eller tap av rekreasjonsverdi. Vi omtaler disse samlet som *skadekostnader*. Transportetatene har bedt om en dybdeanalyse av skadekostnader knyttet til:

- Utslipp til luft
- Ulykker
- Støy
- Kø
- Akutte utslipp
- Infrastruktur (drift og vedlikehold)

Skadekostnadene kan defineres på akse eksterne-internaliserte kostnader. Læreboken i samfunnsøkonomi beskriver stilistisk situasjoner hvor beslutningstakerne tar hensyn til egne kostnader men neglisjerer skadekostnadene som transporten medfører når de tar sine transportvalg. Dette kjennetegner det økonomene kaller en markedssvikt. Transportkostnadene blir *lavere* enn samfunnets kostnader ved transport, noe som i henhold til økonomisk teori vil medføre at omfanget av (ulempene ved) transport blir *større* enn hva som er samfunnsøkonomisk optimalt. Dette er illustrert av Figur 3.1.



Figur 3.1: Illustrasjon av eksterne kostnader.

Figur 3.1 beskriver markedet for transport. Etterspørselskurven gir betalingsvilligheten for transport for ulike nivåer av trafikk mens kostnadskurvene gir henholdsvis transportbrukerens (marginal *privat* kostnad) og samfunnets samlede kostnad (marginal *sosial* kostnad) ved en ekstra tur eller kilometer transport. Differansen mellom kostnadskurvene utgjøres av

den *marginale skadekostnaden*, dvs. endringen i totale skadekostnader ved en ekstra tur eller kilometer transport. Det er denne størrelsen rapporten kvantifiserer for dagens trafikk.

Under forutsetning om maksimering av transportbrukernytte vil transportmarkedet tilpasse seg med trafikkmengden Q_0 i Figur 3.1, der hvor betalingsvilligheten for en ekstra tur er lik brukerkostnadene ved turen. Den eksterne kostnaden er gitt ved den vertikale stiplede linjen mellom marginal privat og sosial kostnadskurve i punktet Q_0 , som avmerket i figuren. Hadde derimot transportbrukerne tatt hensyn til samfunnets totale kostnader ved transporten (dvs., internalisert skadekostnadene), ville tilpassingen vært trafikkmengden Q^* . Dette er den samfunnsøkonomisk optimale tilpassingen, der hvor betalingsvilligheten for en ekstra tur er lik samfunnets samlede kostnader knyttet til turen.

3.1 Økonomiske virkemidler i teorien

Problemet vi står ovenfor er altså at transportbrukerne i utgangspunktet ikke tar hensyn til den skaden transporten deres påfører andre. I slike tilfeller kan *virkemidler* benyttes. Det er vanlig å dele virkemidler rettet mot å begrense miljøskade inn i to hovedgrupper; *administrative* og *økonomiske* virkemidler. Administrative virkemidler innebærer at atferd reguleres ved forbud, påbud, minstekrav eller utslippsstandarder. Økonomiske virkemidler har som formål å stille brukerne ovenfor *riktige priser* på transporten, med andre ord priser som reflekterer skadekostnadene.

Et velkjent virkemiddel er Pigou-avgiften. Denne innebærer at transportbrukeren til enhver tid skal møte en avgift som er proporsjonal med de marginale skadekostnadene som transporten gir opphav til. Dette betyr i praksis at de marginale skadekostnadene blir innlemmet i de marginale private kostnadene. I dette tilfellet er det ikke lenger er snakk om en ekstern kostnad siden transportbrukeren møter de marginale skadekostnadene gjennom avgiften. Med andre ord blir den marginale private kostnadskurven sammenfallende med den marginale sosiale kostnadskurven. Den Pigou-avgiften som sikrer at betalingsvilligheten for en ekstra tur er lik samfunnets samlede kostnader knyttet til turen er angitt i Figur 3.1.

Det er viktig at man ikke forveksler situasjonen hvor marginale skadekostnader er internalisert med en situasjon hvor marginale skadekostnader er 0. Internalisering handler i første rekke om hvorvidt transportbrukerne møter alle de kostnadene som transporten medfører eller ikke. Det kan også være ulike grader av internalisering. Dersom Pigou-avgiften er satt lavere enn de reelle marginale skadekostnadene vil de bare delvis være internalisert i transportbrukernes kostnader.

Vi bemerker at denne rapporten *ikke* har som formål å etablere den optimal Pigou-avgiften som sikrer at betalingsvilligheten for en ekstra tur er lik samfunnets samlede kostnader knyttet til turen. Vårt oppdrag har vært å analysere marginale skadekostnader gitt dagens transportmønster.

3.2 Økonomiske virkemidler i praksis

Kapittel 3.1 gir en stilisert beskrivelse av hvordan økonomiske virkemidler kan benyttes til å regulere skadekostnader ved transport. Dette virker godt i tilfeller hvor det er en entydig sammenheng mellom skatteobjektet og skadekostnadene, men i praksis kan det være komplisert å fange opp slike sammenhenger. Eksempelvis er det tekniske utfordringer forbundet med å måle reelle kjøretøysemissjoner. En ytterligere kompliserende faktor er at transportens miljøpåvirkning er kontekstavhengig. For eksempel avhenger støyplage av

transport både av *hvor* det kjøres (i områder med få eller mange berørte), *når* det kjøres (støy er eksempelvis mer sjenerende på natten enn på dagtid) og *hvordan* det kjøres (eks. fart og akselerasjon). Andre forhold som eksempelvis værforhold er også av betydning for skadevirkningene. Eksempelvis vil vindretning og styrke påvirke spredning av utslipp til luft.

I læreboken i miljøøkonomi beskrives det hvordan et miljøproblem kan korrigeres med et målrettet virkemiddel. I realiteten møter transportbrukerne i dag en kombinasjon av ulike virkemidler – fra parkeringsrestriksjoner til drivstoffavgifter og bompenger – som i varierende grad utfyller rent fiskale hensyn eller er innrettet for å korrigere uønskede biprodukter av transport. De mest målrettede økonomiske virkemidlene er avgassavgifter på drivstoff (retter seg mot utslipp til luft) og infrastrukturavgifter på jernbanen (retter seg mot slitaskostnader på jernbanen). Vegbruksavgiften retter seg i noen grad mot kostnader ved bruk av veien, men siden den pålegges på drivstoffet vil bl.a. kjøretøyets drivstoffeffektivitet og førerstil påvirke hvor mye transportbrukeren faktisk betaler – uten at dette forholdet nødvendigvis har en betydning for han eller hennes faktiske bidrag til kostnader ved drift og vedlikehold av vegen. Rushtidsavgifter har som formål begrense køproblemer, men siden de er innkrevd gjennom bomplasseringer tar de ikke hensyn til hvor lang den marginale turen er og hvor den finner sted (inkludert om det oppstår kø på sideveier hvor det ikke kreves bompenger) og fanger dermed ikke opp det marginale kjøretøyets reelle bidrag til kø.

En *vegpris* differensiert i henhold til reelle skadekostnader (som avhenger av kjøretøytype, førerstil og tid og sted for turene) vil samfunnsøkonomisk sett være den beste formen for prising av negative eksternaliteter i transportsektoren. Dette innebærer at man bruker teknologi til å kartlegge hvor og når turer finner sted slik at miljøavgiftene kan tilpasses til dette. Denne rapporten kan sees som et innspill til utformingen av slike avgifter da fokuset på skadekostnader som en funksjon av tid og sted for transportene er et gjennomgående tema.

4 Lokale og ikke-lineære virkninger

Det er viktig å understreke at siden størrelsen på skadekostnadene er kontekstavhengige, vil beste praksis i en konsekvensutredning alltid være å beregne skadekostnader for det geografiske området som forventes å berøres av tiltaket som utredes. Dette innebærer å benytte data om befolkning og transportmønster innfor relevante lokasjoner. Hovedresultatene som presenteres i denne rapporten er (vektede) gjennomsnitt av marginale skadekostnader i ulike situasjoner og kan ikke forventes å gi like gode beskrivelser av skadekostnadene som en tilpasset analyse basert på lokale forhold.

Vårt inntrykk er at estimatene av marginale skadekostnader gjerne oppfattes som konstant størrelser som kan multipliseres med en endring i kjørte kilometer for å anslå hvordan de totale skadekostnadene enten øker eller reduseres ved trafikk. Dette er ikke i tråd med metodikken for beregninger av eksterne kostnader, hvor skadekostnadsfunksjonene for kø, støy, ulykker og slitasje er ikke-lineære. Dette betyr at å gange en marginalkostnad med en endring i trafikkvolumet vil gi et feilaktig bilde på endringen i skadekostnadene.

Dette kan eksemplifiseres for køkostnader, som beskrives i detalj i Del 6. Vi legger til grunn en 2-felts veg med skiltet fart på 50 km/t og en «årsdøgntrafikk» på 60 biler per 5 minutt. Farten på lenken beregnes i henhold til formelverket fra Hjelkrem et al. (2017) og tidsverdier er utledet ut fra en antakelse om 10 prosent tungbilandel. Vi ønsker nå å beregne endringen i skadekostnader ved at trafikken øker fra 60 biler per 5 minutt til henholdsvis 65, 70, 75 og 80 biler per 5 minutt. Vi gjør beregningene på to måter:

- i. Ved å multiplisere marginale køkostnader ved 60 biler (3.10 NOK) med endringen i antall biler (hvv. 5, 10 15 og 20 biler).
- ii. Ved å regne ut eksterne kostnader¹ for 60, 65, 70, 75 og 80 biler per 5 minutt, og å regne ut kostnadsendringen fra 60 biler per 5. minutt.

Resultatene er gjengitt i Tabell 4.1.

Tabell 4.1: Sammenlikning av beregnet skadekostnadsendring ved inkrementell endring i trafikk (2019 NOK).

Trafikkøkning (biler/5 min)	Skadekostnadsendring - Basert på endring i totale kostnader	Skadekostnadsendring - Basert på marginale kostnader
5	75	15
10	153	31
15	236	46
20	323	62

Tabell 4.1 viser tydelig at en vurdering av kostnadsendringer basert på estimatene av marginale kostnader vil gi en signifikant underestimert endring i køkostnader.

Denne rapporten beskriver alle størrelser som inngår i beregningene av totale og marginale skadekostnader. Dette dreier seg eksempelvis om køfunksjoner og funksjoner for sammenhengen mellom trafikk og støyemisjoner. Vi anbefaler at etatene tilstreber å inkludere disse i sine verktøyer for samfunnsøkonomisk analyse, og å legge endringer i totale kostnader til grunn i tilfeller hvor trafikkendringene ikke er neglisjerbare.

¹ Vi trekker fra tidskostnadene til den siste bilen på lenken, som ansees å være internaliserte.

Referanser, Del 1 - Innledning

Hjelkrem, O.A., Arnesen, P., Rennemo, O., Dahl, E., Thorenfeldt, U.K., Kroksæter, A., Kristensen, T., Malmin, O.K., 2017. Kjøretøybasert beregning av fart, energi og utslipp. Rapport 2017:00031, Sintef teknologi og samfunn.

DEL 2

UTSLIPP TIL LUFT

5 Utslipp til luft - verdsetting per utslippsenhet

I dette kapitlet gjennomgår vi enhetspriser på globale utslipp (klimagassutslipp) og lokale utslipp (begrenset til NO_x, PM₁₀ og SO₂). En enhet med klimagassutslipp, som regel normalisert til ett tonn CO₂-ekvivalent (tCO₂e), bidrar til samme konsentrasjon av klimagasser i atmosfæren uavhengig av hvor i verden den slippes ut. Det er nettopp økningene i konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren som er forventet til å bidra til dramatiske klimaendringer i framtiden og forvolde skadekostnader globalt. Dermed er det naturlig å ta utgangspunkt i den globale skadekostnaden (eller den globale tiltakskostnaden for å overholde et globalt bindende utslippsmål som Parisavtalen) for klimagassutslipp til anvendelse som kalkulasjonspris i samfunnsøkonomiske analyser. Hver tCO₂e endret som følge av et tiltak i et gitt år kan verdsettes likt, uavhengig om de kommer fra endringer i utslipp per kjørt kilometer, eller endringer i kilometer kjørt.

Lokale utslipp bidrar først og fremst til skadelige konsentrasjoner i begrensede geografiske områder (f.eks. et byområde), så skaden vil hovedsakelig være lokal, basert på hvor høy konsentrasjonen er og hvor mange mennesker som blir eksponert.

5.1 Enhetspriser på globale utslipp

Per mars 2019 finnes ingen offisiell veiledning av typen *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser* (Direktoratet for Økonomistyring, 2018) eller Rundskriv 109/14 (Finansdepartementet, 2014) på hva slags karbonprisbane som skal brukes i norske samfunnsøkonomiske analyser. Dette til tross for at det ble eksplisitt anbefalt i NOU 2012:16 *Samfunnsøkonomiske analyser* (Hagen-utvalget), som Rundskrivet og veilederen bygger på, å utforme nettopp slik veiledning. I forbindelse med dette prosjektet for NTP 2022-2033 lager vi derfor en anbefaling til karbonprisbane basert på prinsippene til Hagen-utvalget.

I NOU 2012:16 gis det følgende anbefalinger for hvordan avgjøre hvilke karbonprisbaner som bør anvendes i samfunnsøkonomiske analyser. Boks 1 gjengir mesteparten av utredningens kapittel 9.8: Karbonprisbaner - Oppsummerende tilrådninger:

Boks 1: Fra kapittel 9.8 i NOU 2012:16:

På bakgrunn av drøftingene i dette kapitlet tilrår utvalget:

- Dagens differensierte avgifts- og kvotestruktur for privat sektor egner seg ikke til bruk i samfunnsøkonomiske analyser. En felles karbonprisbane for samfunnsøkonomiske analyser bør legges til grunn.
- Hva som er rett kalkulasjonspris for klimagassutslipp, avhenger av hvilket spørsmål en ønsker at analysen skal gi svar på. Utvalget baserer seg på en antakelse om at myndighetene har bindende mål om utslippsbegrensninger slik at økte utslipp ett sted nødvendigvis vil måtte motsvares av reduksjon et annet sted. Ut ifra det tilrår utvalget at kalkulasjonsprisen for klimagassutslipp baseres på marginalkostnaden ved utslippsreduksjon (marginal rensekostnad). Om det ikke foreligger

bindende mål om utslippsbegrensninger, bør karbonprisbanen i prinsippet i stedet være basert på marginale skadekostnader.

- Dersom myndighetene har bindende mål for innenlandske utslippsreduksjoner, bør kalkulasjonsprisene avledes fra beskrinkingene som følger fra disse målene. Klimakur 2020 (2010) har beregnet ulike slike baner fram mot 2020.
- Dersom norske bindende mål snarere er knyttet til de totale, globale utslipp Norge forårsaker, og norske utslipp er underlagt et internasjonalt kvotemarked, bør kalkulasjonsprisen for klimagassutslipp baseres på forventninger om den internasjonale kvoteprisen. Av de ulike kvoteprisene i dagens internasjonale kvotemarkeder tilrås utvalget å benytte EUs kvotepris. Banen bør baseres på markedets forventninger til framtidige kvotepriser. For årene det ikke noteres priser, bør prisbanen over tid nærme seg en antatt togradersbane basert på internasjonalt anerkjente modellberegninger.
- For prosjekter der den samfunnsøkonomiske analysen er særlig følsom overfor ulike karbonprisbaner, vil det være nyttig å utføre sensitivitetsberegninger der en legger til grunn en togradersbane for alle år.

Skulle den nasjonale eller internasjonale politiske situasjonen endres, slik at nye klimamål blir bindende for norsk økonomi, er det den marginale rensekostnad gitt disse nye målene som bør ligge til grunn for hovedalternativet for en felles kalkulasjonspris for klimagassutslipp (NOU 2012:16, 2012, pp. 138-139).

Siden NOU2012:16 har det skjedd følgende endringer som har implikasjoner for hvordan man bør sette opp en karbonprisbane for samfunnsøkonomiske analyser:

1. Det har blitt en vesentlig harmonisering av CO₂-avgifter på mineralske produkter. CO₂-avgiften på mineralske produkter omfatter mineralolje, bensin, naturgass og LPG. Per 2019 tilsvarer den generelle satsen ca. 508 kroner per tonn CO₂-ekvivalenter. Det henvises til Grønn skattekommissjons (NOU 2015:15, 2016) anbefaling om alle utslipp fra ikke-kvotepliktig sektor ilegges lik CO₂-avgift som skal tilsvare den generelle satsen på mineralske produkter. Harmoniseringen er gjort med et uttalt mål om kostnadseffektive utslippsreduksjoner.²
2. Norge har ratifisert Parisavtalen i henhold til kongelig resolusjon av 17. juni 2016 etter vedtak i Stortinget 14. juni 2016, som innebærer å tilstrebe å begrense den globale temperaturøkningen til 1.5 grader³⁴. Dette gjør det mer nærliggende å legge en halvannengradersbane enn en togradersbane til grunn.
3. Norge er i dialog med EU om felles oppfyllelse av klimaforpliktelsene for 2030, som skal henge sammen med oppfyllelse av forpliktelsene under Parisavtalen⁵.

² <https://www.regjeringen.no/no/tema/okonomi-og-budsjett/skatter-og-avgifter/veibruksavgift-pa-drivstoff/co2-avgiften/id2603484/>

³ <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/norge-har-ratifisert-parisavtalen/id2505365/>

⁴ https://lovdata.no/dokument/TRAKTAT/traktat/2015-12-12-32/KAPITTEL_1#KAPITTEL_1

⁵ <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2016/sep/innsatsfordelingsforordningen/id2517921/>

Det første av disse punktene peker mot at foreliggende avgiftssystem i større grad enn før svarer til følgende poeng fra NOU 2012:16:

Dersom avgiftene for klimagassutslipp hadde vært satt slik at de i tilstrekkelig grad korrigerer for de eksterne virkningene av klimagassutslipp hensyntatt eventuelle innenlandske mål og karbonlekkasje, burde disse produsentprisene også ha blitt benyttet i samfunnsøkonomiske analyser.

Vi anbefaler dermed at CO₂-avgiften på mineralske produkter brukes som en referansepris for CO₂ i 2019. Denne anbefalingen styrkes av at de fleste samfunnsøkonomiske analyser hvor det brukes karbonpriser er i transportsektoren, hvor aktører innen vei-, sjø-, og bane-transport møter den CO₂-avgiften som er anbefalt av Grønn Skattekommisjon for ikke-kvotepliktig sektor.

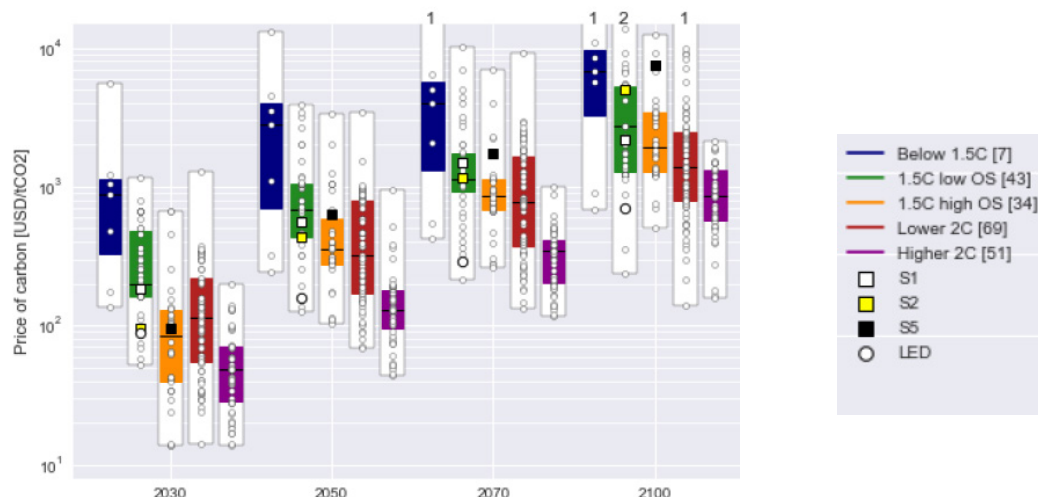
Det andre av disse punktene peker mot at det bør benyttes en karbonprisbane som nærmer seg en antatt halvannengradersbane basert på internasjonalt anerkjente modellberegninger. Vi anbefaler å bruke medianestimatene for en halvannengradersprisbane fra IPCC (2018 kap. 2.5.2.1).

Det tredje punktet innebærer at det gjenstår noen avklaringer for hva de konkrete utslippsforpliktelsene for ikke-kvotepliktig sektor kommer til å være, og hvor fleksible de kommer til å være. Det er imidlertid erklært at forpliktelsene for Norge og EU skal være i tråd med forpliktelsene til Parisavtalen. Fram til de siste avklaringene er på plass og tiltakskostnader for de vedtatte forpliktelsene er beregnet, anbefaler vi å ta utgangspunkt i en gradvis tilnærming til halvannengradersprisbanen fra den foreslåtte referanseprisen for 2019. Vi foreslår at karbonprisbanen når fram til halvannengradersprisbanen ved 2030. De fleste analyser som vil anvende en slik karbonprisbane vil være for prosjekter som uansett har åpningsår så langt fram i tid⁶ at hovedvekten av prosjektets økonomiske levetid vil være etter 2030. Det gjør at forutsetningen om en halvannengradersprisbane fra IPCC (2018) vil være mer utslagsgivende enn forutsetningen om referansepris for 2019⁷. Valg av referansepris og tilnærmingshastighet til halvannengradersprisbanen vil ha mest å si for de første leveårene av prosjektet og byggeperioden, men vil ha relativt liten vektning i beregnet netto nåverdi av verdsatte utslipp i den samfunnsøkonomiske analysen.

I figuren under gjengir IPCC (2018) modellberegninger for karbonpriser konsistent med ulike temperaturmålsettinger, fra overskridelse av et togradersmål (lilla bokser) til det mest ambisiøse, nemlig ingen overstiging av halvannen graders temperaturøkning (blå bokser).

⁶ I retningslinjer for analyser for NTP 2022-2033 forutsettes ett felles åpningsår (2026) for prosjektene som er planlagt åpnet i NTP-perioden 2022-2033, og ett felles åpningsår (2034) for de prosjektene som får oppstart i planperioden, men som åpner etter planperioden

⁷ Eksempel: Om man tok utgangspunkt i referanseprisen for 2019 fra EFFEKT og nådde anbefalt karbonprisbane i 2030, vil nåverdien av utslippsendringer over en 40-årsperiode fra 2021 til 2060 være 0.5% lavere enn om vi tok utgangspunkt i en 2019-referansepris basert på CO₂-avgiften.



Figur 5.1: Global karbonprisbane (udiskontert) som er konsistent med ulike målsettinger for global oppvarming. Kilde: IPCC (2018 kap. 2.5.2.1). Tykke streker viser medianestimatet og kantene av de fargede boksene angir interkvartilspredning for karbonpriser i et gitt år for en gitt temperaturmålsetting. Tall i klammer viser hvor mange modellscenarier som er beregnet for hver temperaturmålsetting.

Karbonprisene i disse modellberegningene kan tolkes tiltakskostnader⁸, hvor alle tilpasninger med kostnader lik eller lavere karbonprisen for et gitt år må gjennomføres i det året for kostnadseffektiv overholdelse av et gitt temperaturmål. Vi ser at karbonprisene er stigende over tid. Man gjør de billigste tiltakene først, og over tid vil dyrere og dyrere tilpasninger bli nødvendige for å overholde et gitt temperaturmål.

Vi, i samråd med representanter fra Miljødirektoratet, anser at den rimeligste tolkningen av Parisavtalen innebærer at karbonpriser fra modellscenarier hvor det blir ingen overstigning av halvannengradersmålet (blå bokser) eller lav sannsynlighet for overstigning av halvannengradersmålet (grønne bokser). For å beregne karbonprisbanen vi anbefaler til samfunnsøkonomiske analyser, har vi dermed hentet ut tall for global CO₂-pris i 1.5°C-scenarier med ingen eller begrenset overskridelse av 1.5°C (Below 1.5C og 1.5C low OS) fra IAMC 1.5°C Scenario Explorer and Data hosted by IIASA (Huppmann et al., 2018). For å regne om til 2019-kroner, inflasjonsjusterer vi karbonprisbanen fra 2010-USD – som den er oppgitt i – til 2019-USD med KPI fra U.S. Department of Labor Bureau of Labor Statistics⁹, og så regner om til kroner ved å bruke gjennomsnittlig dollarkurs for 2018, som var på 8.13 NOK per USD.¹⁰ Da kommer vi fram til anbefalte karbonprisbane gitt i tabellen under.

Det er et stort usikkerhetsspenn i karbonpriser fra de ulike modellestimatene, og denne usikkerheten blir bare større over tid. Bare for 2030 spriker anslagene for karbonprisen forenelig med halvannengradersmålet fra 179 USD₂₀₁₀ i 25. persentil til 658 USD₂₀₁₀ i 75. persentil. Spennet mellom 25. og 75. persentil er enda større i 2070, hvor det strekker seg fra 833 til 2359 USD₂₀₁₀. Denne usikkerheten bygger opp om Hagen-utvalgets vurdering

⁹ Tabeller hentet fra <https://www.usinflationcalculator.com/inflation/consumer-price-index-and-annual-percent-changes-from-1913-to-2008/>. Forventet inflasjon for 2019 er gitt ved prognosene til IMF (<https://knoema.com/kyawad/us-inflation-forecast-2018-2019-and-up-to-2060-data-and-charts>). Resultatet er 17.6% prisstigning mellom 2010 og 2019.

¹⁰ <https://www.norges-bank.no/Statistikk/Valutakurser/valuta/USD>

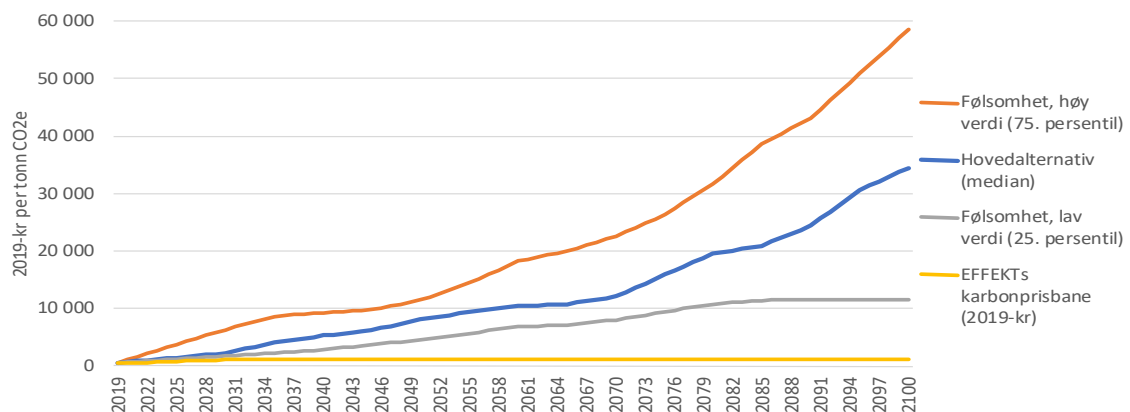
om at det i mange tilfeller vil være grunn til å gjennomføre beregninger med ulike karbonprisbaner, spesielt i analyser av prosjekter og tiltak med betydelige utslippskonsekvenser. Imidlertid anbefaler vi medianverdiene for 1.5°C-scenarier med ingen eller begrenset overskridelse av 1.5°C gjengitt i IPCC (2018) som hovedalternativ for prisbane. Det store spennet av modellresultater gjengitt i IPCC (2018) gir en indikasjon på det store spennet mulige utviklinger verden kan gjennomgå de neste 80 årene, og da vurderes medianverdien som det beste hovedalternativet. Høyere og lavere karbonprisbaner kan vurderes til følsomhetsanalyser.

Tabell 5.1: Anbefalt karbonprisbane (2019-kr) for kalkulasjonspriser i norske samfunnsøkonomiske analyser.

	2019	2030	2050	2070	2100
Kr/tCO ₂ -ekv. (2019-priser)	508	2 159	7 998	12 067	34 455
Bakgrunn	CO ₂ -avgift	IPCC (2018)	IPCC (2018)	IPCC (2018)	IPCC (2018)

Vår anbefalte karbonprisbane (blå linje i Figur 5.2) er vesentlig høyere enn karbonprisbanen implementert i Statens vegvesens EFFEKT-modell som er brukt i samfunnsøkonomiske analyser. Den er for øyeblikket basert på estimater fra rapporten Vurdering av framtidige kvotepriser fra Etatsgruppen Klimakur 2020 (2009), som tok utgangspunkt i analyser fra SSB og Point Carbon. Bruk av disse estimatene var anbefalingen fra Verdsettelsesstudien fra 2010 (Kristin Magnussen, Navrud, & San Martin, 2010). Foreliggende karbonprisbane for EFFEKT vises i Figur 2 med gul linje.

Vi anbefaler å benytte karbonprisbanene som bygger på 75. og 25. persentil av estimatene gjengitt i IPCC (2018) til henholdsvis øvre og nedre verdi i følsomhetsanalyser. Disse prisbanene er representert med henholdsvis oransje og grå linjer i figur 5.2.



Figur 5.2: Hovedalternativ til karbonprisbane konsistent med halvannengradersmålet, med interkvartil variasjon i modellestimater, samt foreliggende karbonprisbane i EFFEKT. Beløp i 2019-kroner.

Karbonprisbanen som vi anbefaler er beheftet med stor usikkerhet, men den trekker på ekspertisen fra IPCC og anerkjente modellberegninger i tråd med Hagen-utvalgets tilrådning. Samtidig er den enkel å implementere i samfunnsøkonomiske analyser, noe som er med på å effektivisere ressursbruken i slike analyser hvor dette er relevant. Excel-ark med anbefalt karbonprisbane og verdier for følsomhetsanalyser er oversendt til transportetatene i forbindelse med denne rapporten.

Inntil offisiell veiledning sier noe annet, anbefaler vi at karbonprisbanene oppdateres ved hver nye IPCC-rapport med medianestimatet for karbonpriser forenelig med halvannengradersbanen i henhold til Parisavtalen. Neste IPCC-rapport (IPCC Sixth Assessment

Report) er planlagt ferdigstilt i 2022, i tide til globale gjennomgangen (stocktake) i 2023 av lands framdrift for deres overholdelse av Parisavtalen.

Vi bemerker at det med fordel burde vært retningslinjer for karbonprisbaner til anvendelse i samfunnsøkonomiske analyser i Norge, slik det er gitt for en rekke andre aspekter av analyser i Rundskriv R-109/14 fra Finansdepartementet (2014). Vi kjenner til erfaringer med å lete etter anbefalte karbonpriser for å gjennomføre samfunnsøkonomiske analyser, bare for å finne ut at slike anbefalinger ikke eksisterer. Det forsinker arbeidet med slike analyser. Vi kjenner også til flere eksempler hvor ulike konsulenthus og forskningsinstitutter bruker ulike karbonpriser i samfunnsøkonomiske analyser, som også er med på å redusere sammenlignbarheten mellom analyser. I tillegg ville felles retningslinjer for karbonprisbaner som poengtert tidligere vært i tråd med anbefalingene fra NOU 2012:16.

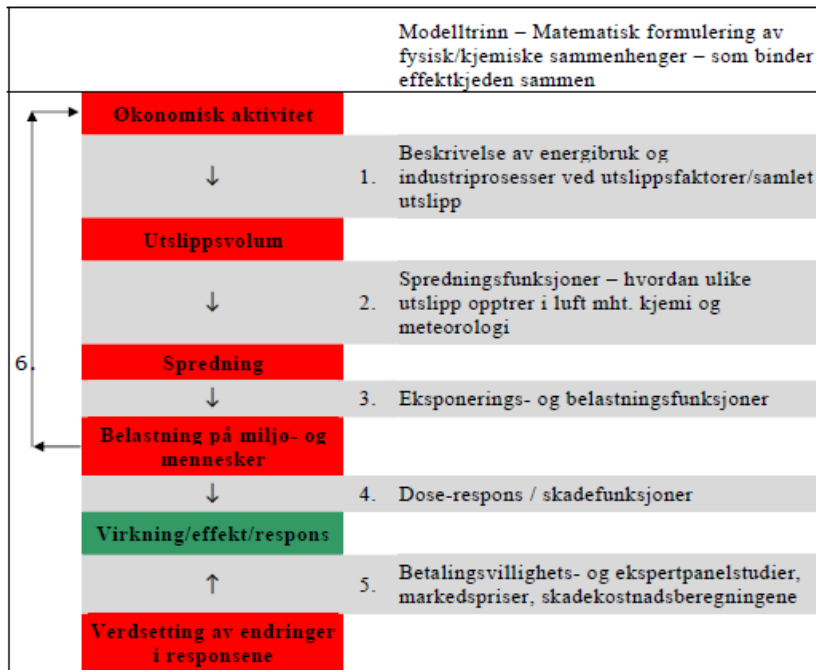
5.2 Enhetspriser på lokale utslipp

Lokal luftforurensing fra transportaktiviteter knyttes til utslipp av miljø- og helseskadelige stoffer fra kjøretøy. Transportaktivitetene forurenses gjennom eksosutslipp, og for vegtrafikk oppstår forurensing også fra slitasje på dekk og bremses og oppvirvling av vegstøv.

Det er ikke anledning til å gjøre en ny verdsettingsstudie av marginalkostnadene fra lokale utslipp. Vi kommer derfor til å ta utgangspunkt i de underliggende beregningene som ligger til grunn for de enhetsprisene som anvendes i nyttekostnadsanalyser (NKA) i dagens veiledere. De underliggende beregningene er gjort i forbindelse med LEVE-prosjektet og er dokumentert i Rosendahl (2000). Med utgangspunkt i disse beregningene er det blitt gjort justeringer i enhetsprisene i SFT (2005), Kristin Magnussen et al. (2010) og Thune-Larsen, Veisten, Rødseth, and Klæboe (2014).

I SFT (2005) gis en overordnet beskrivelse av den metodiske tilnærmingen til LEVE-prosjektet. Metodikken baserer seg på en logisk årsaks-virkningskjede fra første trinn som den økonomisk aktivitet til siste trinn med verdsatte helse- og miljøeffekter (evt. tilbakekobling av helse- og miljøeffekter på den økonomiske aktiviteten). Metoden kalles også skadefunksjonsmetoden. Den anvendes fordi den innebærer godt formulerte beskrivelser av endringer i helse- og miljøgoder som funksjon av en eller flere forurensningsbelastninger. På denne måten sikrer man seg at det er de relevante endringene som verdsettes og det blir lettere å kommunisere i verdsettingsstudier og ved senere anvendelse.

Selv om vi ikke kommer til å gjøre noen ny verdsettingsstudie, kommer vi derimot til å se på de ulike trinnene i effektkjeden og se om det er behov for vesentlige justeringer siden studiene ble gjort. En skisse av effektkjeden er gitt i Figur 5.3.



Figur 5.3: Skisse av effektkjedetilnærmingen. Kilde: SFT (2005).

De aktuelle trinnene å se på er trinn 3-5. Vi jobber med de samme utslippsenhetene nå som før, og vi antar samme type spredningsfunksjoner, så trinn 1 og 2 antas uforandret.

Trinn 5 er enklest. Der er retningslinjene klare. Retningslinjene sier at alle parametere for eksterne kostnader som bygger på verdsetting av liv og helse skal realprisjusteres iht. lønnsvekst (BNP per innbygger-vekst på lang sikt). Dette gjøres enkelt til slutt i denne gjennomgangen. Vi fokuserer vider på trinn 3 og trinn 4.

Trinn 3 – Eksponerings- og belastningsfunksjoner

I de underliggende beregningene er det oppgitt hvilket bidrag veitrafikk har til den befolkningsveide årsmiddelkonsentrasjonen i et utvalg norske byer. For de fire byene i Tabell 5.2 er det gjort relativt detaljerte beregninger, mens det for 27 andre byer er gjort mindre detaljerte beregninger. For PM er dette bidraget videre fordelt på veistøv og eksos. Det er også oppgitt hvor mye av det årlige PM-utslippet som kommer fra veistøv og eksos, samt NO_x-utslipp fra eksos. Utslippet av NO_x vil videre føre til konsentrasjoner av helseskadelige NO₂.

Som i LEVE-prosjektet vil våre videre beregninger bygge på en lineær sammenheng mellom årlig utslipp og årsmiddelkonsentrasjon. Det gir følgende forholdstall mellom årsmiddelkonsentrasjon og utslipp¹¹:

Tabell 5.2: Konsentrasjonsbidrag/Utslipp (mg/m³/tonn).

	PM fra eksos	PM fra veistøv	NO ₂ fra veitrafikk
Oslo	0,0075	0,0172	0,0039
Bergen	0,0147	0,0275	0,0082
Trondheim	0,0247	0,0829	0,0162
Drammen	0,0279	0,0460	0,0183

¹¹ I Rosendahl (2000) er det to kilder til å beregne dette forholdstallet, nemlig SSB og NILU. I denne rapporten benyttes det gjennomsnittlige forholdstallet fra disse to kildene. Vi presiserer at forholdstallet oppgitt i tabellen er beheftet med stor usikkerhet.

Med denne beregningsmetoden antar vi en enkel logikk fra utslipp til konsentrasjon. Ved utslipp av eksosmengder som inneholder ett tonn PM_{2,5} i Bergen, vil årsmiddel-konsentrasjonen stige med 0.015 mikrogram per m³. Ved utslipp av eksosmengder som inneholder ett tonn NO_x i Trondheim, vil årsmiddelkonsentrasjonen av NO₂ øke med 0.016 µg/m³. En slik funksjonstilnærming er svært usikker, men den er anvendelig og gjennomsliktig. Tabell 5.2 viser at det er stor variasjon mellom byer i hvor mye ett tonn utslipp bidrar til økt konsentrasjon. Når vi aggregerer opp områdene til store byer, mellomstore byer og spredtbygde strøk, vil mye av denne variasjonen havne ute av syne, og således gjøre anvendte enhetspriser enda mer usikre. I samfunnsøkonomiske analyser som tar for seg endringer på nasjonalt nivå og anvender nasjonale modeller vil dette trolig være et mindre problem. Dersom analysen gjøres på et mer lokalt nivå kan det være hensiktsmessig å benytte seg av de mer detaljerte lokale estimatene.

De underliggende beregningene baserer seg på befolkningsveid årsmiddelkonsentrasjon for de aktuelle byene. Det innebærer at det er som om den totale befolkningen i tettstedet som blir utsatt for denne konsentrasjonen. Den marginale skaden av å øke konsentrasjonen med ett µg/m³ for en person, må vektet opp med hele kommunens befolkning for å finne den marginale skaden av å øke den befolkningsveide konsentrasjonen i et tettsted. Dette bringer oss til dose-respons-funksjonene.

Trinn 4 – Dose-responsfunksjoner

Vi benytter oss av dose-responsfunksjoner som er anbefalt av Verdens Helseorganisasjon (WHO, 2013). Der hvor WHO (2013) ikke oppgir dose-responsfunksjoner, men det var gjort beregninger i LEVE-prosjektet, benytter oss av de samme dose-responsfunksjonene som i LEVE-prosjektet. Beregningene benytter alltid middelestimatet for hvor stor økning i relativ risiko man får ved økning på ett µg/m³.



Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project

Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide



This publication arises from the HRAPIE project and has received funding from the European Union.

Tabell VI. Dose-respons funksjoner for PM₁₀

	Prosentvis endring i risiko pr. µg/m ³			Referanse
	lavt	middels	høyt	
Korttidseksponering:				
Framskyndet dødelighet (i.f.t. dødelighetsraten i bef.)	0,062	0,074	0,086	WHO (1997)
Sykehusinnleggelse pga. luftveislidelser	0,048	0,080	0,112	WHO (1997)
Øvre luftveissymptomer barn	*	0,12	*	EC (1997)
Nedre luftveissymptomer barn	0,185	0,324	0,464	WHO (1997)
Begrenset aktivitetsdag ^a (antall dager pr. person pr. år)	0,036	0,058	0,090	Ostro (1987) - se Rosendahl (1996)
Langtidseksponering:				
Framskyndet dødelighet - lunge-hjerte-kar	0,4	1,1	1,9	SFT (1998)
Framskyndet dødelighet - lungekreft	-0,7	1,1	3,0	SFT (1998)
Forekomst av bronkitt, barn	0	2,9	8,3	WHO (1997)
Forekomst av kronisk lungesykdom (COPD), voksne	0,5	1,1	1,7	Abbey m.fl. (1993) - se Rosendahl (1996)

* Ikke angitt

^a Denne funksjonen er uttrykt som endring i absolutt risiko.

Figur 5.4: Til venstre: Rapport med anbefalte dose-responsfunksjoner fra WHO (2013). Til høyre: Tabell med dose-respons-funksjoner fra Rosendahl (2000).

De underliggende beregningene for marginale eksterne kostnadene baserer seg på at en økning i årsmiddelkonsentrasjon øker den relative risikoen for ulike helseutfall i befolkningen. Man får med andre ord X % endring i risiko for et gitt helseutfall for hver $\mu\text{g}/\text{m}^3$ økning i konsentrasjon. De anvendte estimatene med kilder er angitt i tabellen over. Legg merke til at flere av estimatene har store usikkerhetsspenn.

Når det er endring i relativ risiko som danner grunnlag for endring i marginale kostnader, trenger man å vite den underliggende risikoen for de ulike helseutfallene i befolkningen. Blant annet trenger beregningene et estimat på den underliggende dødelighetsraten for hjerte-kar og annen lungesykdom i befolkningen, andel uføre i befolkningen med KOLS m.fl.

Av pedagogiske grunner gjennomgår vi forventet endring i helseutfall dersom konsentrasjonen av lokal forurensning øker med ett $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for 1000 personer. Det forutsettes at disse 1000 personene som utsettes for en marginal økning i årsmiddelkonsentrasjon deler samme karakteristika som Norges befolkning (basisrisikoer, aldersfordeling, sykefravær etc.). Det er mye usikkerhet i disse estimatene, og de bør oppdateres etter hvert som det samles inn sikrere informasjon. I tillegg bør de oppdateres dersom det har vært store langsiktige endringer i de relevante dødelighetsratene og sykdomsratene.

Dersom 1000 personer utsettes for en økning i årsmiddelkonsentrasjon på ett $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} forventer vi følgende:

Tabell 5.3: Forventet skadevirkning dersom 1000 personer utsettes for en økning i årsmiddelkonsentrasjon på ett $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} .

Langtidseffekt:	Endring i fysiske enheter
Økning i antall personer som etter en 5-årsperiode dør 8 år før forventet levealder som følge av hjerte-kar og annen lungesykdom	0,01
Økning i antall personer som etter en 30-årsperiode dør 11 år før forventet levealder som følge av lungekreft	0,002
Økning i antall spedbarn som dør før fylte 12 måneder	0,0002
Økning i antall barn som utvikler bronkitt	0,05
Økning i antall personer som utvikler KOLS	0,03
Økning i antall liggedøgn på sykehus for KOLS	0,18
Økning i årlige tapte timeverk som følge av uførhet pga. KOLS	6,35
Korttidseffekt:	Endring i fysiske enheter
Økning i antall personer som dør ett år før forventet levealder (antas fanget opp i langtidseffektene ifølge WHO (2013))	0,01
Økning i antall liggedøgn på sykehus for luftveislidelser	0,17
Økning i antall liggedøgn på sykehus for hjerte- og karsykdommer (inkl. slag)	0,08
Økning i antall barn som får øvre luftveissymptomer	0,005
Økning i antall barn med nedre luftveissymptomer	0,0003
Økning i arbeidstimeverk tapt som følge av sykefravær (tapte arbeidsdager)	235
Økning i antall personer som er sterkt plaget av partikkelforurensning	8,07

Dersom 1000 personer utsettes for en økning i årsmiddelkonsentrasjon på ett $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 forventer vi følgende:

Tabell 5.4: Forventet skadevirkning dersom 1000 personer utsettes for en økning i årsmiddelkonsentrasjon på ett $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 .

Langtidseffekt:	Endring i fysiske enheter
Økning i antall personer som etter en 5-årsperiode dør 8 år før forventet levealder som følge av hjerte-kar og annen lungesykdom (fratrukket for 17% av tilfeller som er antatt allerede telt med av PM_{10} -effekten)	0,01
Økning i antall barn som utvikler bronkitt	0,014
Korttidseffekt:	Endring i fysiske enheter
Økning i antall personer som dør ett år før forventet levealder	0,002
Økning i antall liggedøgn på sykehus for luftveislidelser	0,16
Økning i antall personer som er sterkt plaget av NO_2 -forurensning	1,79

Trinn 5 – Verdssetting av endring i responsene

For å beregne de marginale eksterne kostnadene fra utslipp er virkninger av typen markedsbaserte kostnader, helseutfall og andre velferds-kostnader blitt verdsatt.

Fra forrige avsnitts gjennomgang av forventet endring i helseutfall dersom konsentrasjonen av lokal forurensning øker med ett $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for 1000 personer, vil vi her gjennomgå verdssettingen av disse virkningene.

Dersom 1000 personer utsettes for en økning i årsmiddelkonsentrasjon på ett $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} forventer vi følgende endring i kostnader (målt i 2019-kroner):

Tabell 5.5: Forventet skadekostnadsvirkning dersom 1000 personer utsettes for en økning i årsmiddelkonsentrasjon på ett $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} .

Langtidseffekt:	Endring i 1000 kr per 1000 eksponerte
Verdssetting av DALYer for personer som etter en 5-årsperiode dør 8 år før forventet levealder som følge av hjerte-kar og annen lungesykdom og 11 før forventet levealder som følge av lungekreft	156
Verdssetting av VSL for spedbarn som dør før fylte 12 måneder	15
Verdssetting av tilfeller hvor barn utvikler bronkitt	149
Verdssetting av tilfeller hvor personer som utvikler KOLS	179
Kostnadene til helsevesenet for endringen i liggedøgn på sykehus for KOLS	3
Påfølgende velferds-kostnad for pasient	2
Skattekostnad for endring i liggedøgns-kostnader for offentlig sektor	0,5
Verdien av årlige tapte timeverk som følge av uførhet som følge av KOLS	2
Skattekostnader for endringer i trygdeutbetalinger for uføre pga KOLS	0,4
Korttidseffekt:	Endring i 1000 kr per 1000 eksponerte
Kostnadene i helsevesenet for endringen i liggedøgn på sykehus for luftveislidelser	3
Påfølgende velferds-kostnad for pasient	2
Kostnadene i helsevesenet for endringen i liggedøgn på sykehus for hjerte- og karsykdommer (inkl. slag)	1
Påfølgende velferds-kostnad for pasient	0,9
Skattekostnad for endring i liggedøgns-kostnader for offentlig sektor	0,9
Verdssetting av endring i antall barn som får øvre luftveissymptomer	0,002
Verdssetting av endring i antall barn med nedre luftveissymptomer	0,0004
Verdien av endring i arbeidstimeverk tapt som følge av sykefravær (tapte arbeidsdager)	93
Verdssetting av endring i antall sterkt plagede av partikkelforurensning	130
Summert marginalkostnad PM_{10}	738

Dersom 1000 personer utsettes for en økning i årsmiddelkonsentrasjon på ett $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 forventer vi følgende endring i kostnader (målt i 2019-kroner):

Tabell 5.6: Forventet skadekostnadsvirkning dersom 1000 personer utsettes for en økning i årsmiddelkonsentrasjon på ett $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 .

Langtidseffekt:	Endring i 1000 kr per 1000 eksponerte
Økning i antall personer som dør 8 år før forventet levealder som følge av hjerte-kar og annen lungesykdom (fratrasket for 17% av tilfeller som er antatt allerede telt med av PM_{10} -effekten)	84
Verdsetting av endring i antall barn som utvikler bronkitt	39
Korttidseffekt:	Endring i 1000 kr per 1000 eksponerte
Verdsetting av endring i antall personer som dør ett år før forventet levealder	4
Kostnadene i helsevesenet for endringen i liggedøgn på sykehus for luftveislidelser	3
Påfølgende velferdskostnad for pasient	2
Skattekostnad for endring i liggedøgnskostnader for offentlig sektor	0,5
Økning i antall personer som er sterkt plaget av NO_2 -forurensning	29
Summert marginalkostnad NO_2	160

Marginale eksterne kostnader av utslipp fordelt på områdetyper

Når vi beregner de forventede fysiske effektene av en marginal økning i årsmiddelkonsentrasjon og verdsettingen av disse effektene sammen med forventet økning i årsmiddelkonsentrasjon som følge av utslipp til luft for de ulike tettstedene, finner vi til slutt forventet marginal kostnad av utslipp for populasjonen til de ulike tettstedene. Beregningene er nesten identiske med de som har dannet grunnlag for verdsettingene fram til nå (Rosendahl, 2000), men har fått oppdaterte risikofaktorer, befolkninger, befolkningssammensetning, verdsettinger av helseeffekter, liggedøgn og tapte arbeidsdager. På vår side har vi holdt oss konsekvent til å verdsette framskyndet dødsfall i form av tapte VOLYer (Value Of Life Year), i motsetning til å komme med beregninger for både tapte statistiske leveår og statistiske liv.

Det er verdt å kommentere avveiningen mellom å bruke VSL eller VOLYer. Vi anerkjenner motforestillingene mot å bruke VOLYer istedenfor VSL for nyttekostnadsanalyser (NKA), f.eks. at bruk av VOLYer gir en implisitt høyere verdsetting av unge mennesker enn eldre mennesker, noe som ikke er etisk problemfritt. Vi mener likevel at fordelene ved bruken av VOLYer utveier ulempene. Vi legger vekt på NKA som verktøy for å på konsistent vis balansere samfunnsnytte opp mot samfunnskostnader. I transportsektoren innebærer det balansering av ulykkeskostnader opp mot forurensningskostnader opp mot tidskostnader opp mot investeringskostnader. Bruk av VOLYer for forurensningskostnader gir konsistens opp mot ulykkeskostnader, da forventede tapte leveår er vesentlig høyere for ulykker. Bruk av VOLYer gir også mer konsistens med samfunnsøkonomiske analyser gjennomført i helsesektoren, som vil øke sammenlignbarheten mellom analyser. Videre er det en potensiell standardisering som kan bidra til effektivisering av samfunnsøkonomiske analyser. VOLYer (eller mer preisist DALYer – Disability Adjusted Life Year) har for øvrig også fått plass i den nyeste versjonen av Statens vegvesens Håndbok V712 i delkapitlet *Prissetting basert på eksponering*. De mest detaljerte beregningene er gjort for Oslo, Bergen, Trondheim og Drammen – de såkalte «modellbyene» i Rosendahl (2000). Her er det skilt mellom PM -konsentrasjonene og -utslippene og de påfølgende skadekostnadene fra både eksos (hovedsakelig $\text{PM}_{2,5}$) og veistøv (hovedsakelig PM_{10}). For disse byene får vi følgende marginalkostnader per kg utslipp:

Tabell 5.7: Skadekostnad per kg utslipp i de 4 modellbyene (2019-kr).

	PM ₁₀ - Eksos	PM ₁₀ - Veistøv	NO _x fra veitrafikk
Oslo	3 684	8 381	416
Bergen	2 957	5 508	357
Trondheim	3 362	11 295	480
Drammen	1 377	2 273	196

Med tanke på anvendelse av disse tallene vil vi nå beregne marginalkostnader for utslipp for de tre områdetypene. Når vi aggregerer om til områdetypene vil de eksterne kostnadene for de enkelte tettstedene bli vektet ut fra sin befolkning. Vi viser både beregnede skadekostnader for både utslipp fra eksos og fra veistøv og fra et vektet snitt av disse. Det gir oss følgende marginale skadekostnader for PM₁₀.

Tabell 5.8: Marginale skadekostnader fra PM₁₀ for ulike områdetyper (2019-kr).

	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	Tettsted (>100 000 innb.)
NOK per kg PM ₁₀ - eksos	355	3 205
NOK per kg PM ₁₀ - veistøv	857	7 732
NOK per kg PM ₁₀ – vektet for eksos og veistøv	610	5 500

Vi gjør tilsvarende beregning for NO_x. Vi aggregerer fra tettstedsberegninger til område-typeberegninger, hvor de enkelte tettstedene vektet ut fra befolkning. Per 2018 kan områdetypen Tettsted med over 100 000 innbyggere tolkes som en by med 312 000 innbyggere. På samme måte kan områdetypen Tettsted med mellom 15 000 og 100 000 innbyggere tolkes som en by med 44 000 innbyggere. Det gir oss følgende marginale skadekostnader for NO₂:

Tabell 5.9: Marginale skadekostnader for NO_x for ulike områdetyper (2019-kr).

	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	Tettsted (>100 000 innb.)
NOK per kg utslipp	88	394

Siden verdsettingen gjort i 2000 og i de påfølgende anvendelsene av disse beregningene har praksis vært å sette den marginale skadekostnaden for områdetypen Tettsteder med mindre enn 15 000 innbyggere lik null. Dette fordi eksponeringen til luftforurensing fra veitrafikk er ansett som såpass liten, og det har ikke blitt gjort inngående analyser på det.

Norge har imidlertid forpliktet seg til Gøteborgprotokollen fra 1999, med utslippsforpliktelser for 2010 for utslipp av SO₂, NO_x, NH₃ og NMVOC. De nyeste forpliktelsene er fra 2012, hvor det i tillegg til de overnevnte forurensingstypene ble gjort forpliktelser for PM_{2,5}. Forpliktelsene vises i Tabell 5.6.

Tabell 5.10: Norges forpliktelser etter Gøteborgprotokollen. Kilde: <http://www.miljostatus.no/tema/luftforurensning/goteborgprotokollen/>

Norges forpliktelser etter Gøteborgprotokollen 2020 (i tonn)			
Gass eller partikler	Utslipp i basisåret 2005	Utslippsforpliktelse for 2020 (%)	Utslippsforpliktelse for 2020
SO ₂	24 000	10	22 000
NO _x	196 000	23	151 000
NH ₃	28 000	8	25 000
NMVOG	218 000	40	131 000
PM _{2.5}	39 000	30	27 000

Selv om vi ikke har beregnet noen marginal skadekostnad for utslipp i spredtbygde strøk, har praksis siden SFT (2005) vært å anbefale å anvende den marginale tiltakskostnaden for å nå utslippsmålene for NO_x i Gøteborgprotokollen. I Ibenholt, Magnussen, Navrud, and Skjelvik (2015) anbefaler de å anvende en marginal tiltakskostnad for NO_x lik dagens avgiftsnivå for NO_x. I 2015 avgiften på 19.19 kr/kg, men i 2019 er den på 22.27 kr/kg¹². Vi støtter denne anbefalingen av to grunner:

1. Miljødirektoratet et al. (2014) kom med en analyse som anslo at med tiltakskostnader opptil 18 kr/kg ville innebære utslippskutt som langt på vei ser ut til å sammenfalle med de reviderte målene i Gøteborgprotokollen. KPI-justert er dette relativt nært dagens avgiftssats.
2. Siden store deler av norsk næringsliv vil tilpasse seg NO_x-avgiften med tiltak som på marginen forventes å være lik avgiftssatsen, vil det være hensiktsmessig at planleggingsinstrumentet nyttekostnadsanalyse (NKA) benytter seg av en tiltakskostnad som tilsvarer dette. Grunnleggende miljøøkonomi tilsier at for å nå et utslippsmål på kostnadseffektivt vis bør tiltakskostnaden være lik i alle sektorer (se f.eks. Førsum & Strøm, 2000), som også fungerer som et godt prinsipp for samfunnsøkonomisk planlegging gjennom NKA.

De underliggende beregningene for skadekostnadene er basert på eksponering til NO₂, men relative endringer i utslipp av NO_x er brukt som proxy for relative endringer i utslipp av NO₂. Å anvende marginale skadekostnader for NO_x, beregnet som NO₂, er videreført i SFT (2005), og videre anbefalt i Thune-Larsen et al. (2014) og i Ibenholt et al. (2015).

Dette gir oss følgende anbefalte enhetspriser for NO_x-utslipp:

Tabell 5.11: Anbefalte enhetspriser for NO_x-utslipp (2019-kr).

	Spredt bebyggelse	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	Tettsted (>100 000 innb.)
NOK per kg utslipp	22,27	88	394
Type kostnad	Tiltakskostnad	Skadekostnad	Skadekostnad

¹² For mer informasjon om avgiften, se <https://www.skatteetaten.no/bedrift-og-organisasjon/avgifter/saravgifter/om/nnox/>. Avgiften omfatter utslipp av NO_x fra følgende kilder: 1) Fremdriftsmaskineri med samlet installert motoreffekt på mer enn 750 kW. 2) Motorer, kjeler og turbiner med samlet installert effekt på mer enn 10MW. 3) Fakler på offshoreinstallasjoner og anlegg på land

Det er ikke kommet noen tiltakskostnad for å redusere mengden PM_{2,5} i Norge. Det er grunn til å tro at utslippsforpliktelsen vil være bindende, selv om man tar samfunnsøkonomisk effektive grep mot partikkelutslipp i byene. Det impliserer at tiltakskostnaden som legges til grunn i samfunnsøkonomiske analyser ikke burde være null. Inntil en finere beregning på tiltakskostnader kommer, kan et utgangspunkt være at på marginen er det effektivt med samme marginale tiltakskostnad for å redusere en kg NO_x som en kg PM_{2,5}. Dette gir oss følgende anbefalte enhetspriser for utslipp av PM₁₀:

Tabell 5.12: Anbefalte enhetspriser for utslipp av PM10 (2019-kr).

	Spredd bebyggelse	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	Tettsted (>100 000 innb.)
NOK per kg PM ₁₀ - eksos	22,27	355	3 205
NOK per kg PM ₁₀ - veistøv	22,27	857	7 732
NOK per kg PM ₁₀ – vektet for eksos og veistøv	22,27	610	5 500
Type kostnad	Tiltakskostnad	Skadekostnad	Skadekostnad

En siste komponent av lokal forurensning som ønskes verdsatt i dette prosjektet er utslipp av SO₂. Skadevirkninger av SO₂ inkluderer nedsatt lungefunksjon hos astmatikere, samt potensiell irritasjon i luftveiene og økt forekomst av hoste og slimproduksjon hos friske mennesker. SO₂ i høye konsentrasjoner kan også øke forekomsten av hoste og slimproduksjon. I tillegg gir utslipp av SO₂ miljøskaader som korrosjon og forsuring, også når konsentrasjonene er lavere enn grensen for helseskade. Slik forsuring kan påvirke den naturlige balansen i elver, innsjøer og i bakken og skader dyre- og plantelivet, og gi skade på bygningsmaterialer (Ibenholt et al., 2015).

I rapporten Marginale eksterne kostnader ved enkelte miljøpåvirkninger (Ibenholt et al., 2015), argumenterer forfatteren for at tiltakskostnadene for å oppfylle Gøteborgprotokolens krav til utslippsreduksjoner av SO₂ sannsynligvis er null og at helseskadene ved nåværende SO₂-utslipp kan også settes til null. Derimot viderefører de anslagene fra SFT (2005) for skadekostnadene knyttet til forsuring av miljø og skader på bygningsmaterialer, som varierer mye for ulike deler av landet. Flere av de samme forfatterne aggregerer disse kostnadene til sjablongmessige skadekostnader til å passe til de tre områdetypene vi opererer med i rapporten (K. Magnussen et al., 2015). Siden disse verdiene ikke baserer seg på skader til liv og helse, blir de kun justert etter KPI. Etter prisjustering til 2019-kr får vi følgende verdsetting av SO₂-utslipp:

Tabell 5.13: Anbefalte enhetspriser for utslipp av SO₂ (2019-kr).

	Spredd bebyggelse	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	Tettsted (>100 000 innb.)
NOK per kg SO ₂	0	11	22

Skipsfart står for en vesentlig større andel av svovelutslippene enn de øvrige transportformene. Imidlertid er det store endringer for skipsfartens framtidige muligheter til å bruke drivstoff med høyt svovelinnhold. I 2016 vedtok IMO (International Maritime Organization) sin miljøkomite at det fra 2020 kun er lov å bruke drivstoff som har mindre enn 0,5 prosent svovel. I dag er grensen 3,5 prosent¹³. Med tanke på at Norge allerede i dag

¹³ <https://www.sdir.no/aktuelt/nyheter/nye-svovelkrav-fra-imo/>

overoppfyller målene for svovelutslippsreduksjoner i Gøteborgprotokollen, kan det forventes at denne IMO-reguleringen vil bidra til ytterligere utslippsreduksjoner og således gjøre Gøteborgprotokollen enda mindre bindende.

Det er verdt å merke seg at dagens svovelavgift gir en tilsvarende pris på 67.86 kr per kg SO₂. Avgiften er med andre ord betydelig høyere enn hva både skadestnader og tiltakskostnader for å oppfylle Gøteborgprotokollen skulle tilsi. For at en avgift skal brukes som kalkulasjonspris, ifølge NOU 2012:16, kreves det i prinsippet at den gjenspeiler den marginale kostnaden for å oppnå det vedtatte miljømålet. Vi vil derfor inntil videre anbefale bruk av de sjablongmessige skadestnadene i Tabell 17. For mer detaljerte analyser på spesifikke områder henvises det til SFT (2005). Vi støtter også Grønn Skattekommisjons oppfordring (kap 6.4.2.5) til at det bør gjøres en ny utredning på skadevirkningene av SO₂.

Noen merknader:

- Beløpene i tabellene ikke er avrundet fordi det skal gjøre senere arbeid mer konsistent og sporbart. Det skal øke gjennomsiktigheten. Det betyr *ikke* at tallene kan ansees som sikre.
- Vi har kun verdsatt en håndfull utslipp. Det er andre utslipp fra transportsektoren (f.eks. ozon O₃), og de er mindre i konsentrasjon og mindre i skadeomfang (og kan ha noe overlapp med allerede medtatte utslipp), men marginal skade er ikke lik null. Dette er en enda kilde til usikkerhet i kostnadsestimatene, og indikerer at skadestnader fra utslipp til luft kan være undervurdert. Dette er et aspekt som bør vurderes i følsomhetsanalyser av resultater i nyttekostnadsanalyser.
- Vi har kun verdsatt en håndfull helseutfall. De diskuterte utslippene til luft kan forårsake flere typer helseutfall (f.eks. svekket kognitiv utvikling for barn), men vi har ikke funnet anvendelige resultater som kan implementeres i de foreliggende effektkjeden. Skadestnaden for disse ikke-medtatte helseutfallene er sannsynligvis lavere enn de som er inkludert, men de er sannsynligvis ikke lik null. Vi bemerker også at ved å bruke VOLY istedenfor DALY, så får vi ikke med oss verdien av den nedsatte helsekvaliteten av sykdom fram til forventet dødsfall, men det hindrer dobbelttelling av verdsettingen av øvrige sykdomseffekter. Disse aspektene er kilder til usikkerhet i kostnadsestimatene, og indikerer at skadestnader fra utslipp til luft kan være undervurdert. Dette bør vurderes medtatt i følsomhetsanalyser av resultater i nyttekostnadsanalyser.
- All usikkerhet impliserer at estimatene bør oppdateres fortløpende ettersom ny forskning og kunnskap bygges opp. Vi anbefaler at transportetatene har tabeller i regnearksformat samlet på et sted, hvor analytikere til enhver tid kan se hvilke skadestnadstall som skal anvendes. Dette vil gjøre arbeidet med å oppdatere kostnadstallene mer fleksibelt og effektivt.

6 Utslipp til luft og skadekostnad per km

6.1 Vegtransport

Som grunnlag for å beregne utslipp per km fra ulike kjøretøy har vi fått deler av beregningsunderlaget for SSBs utslippsregnskap. Beregningsmetoder, data og resultater for den delen av utslippsregnskapet som omfatter utslipp fra veitrafikk er dokumentert i Holmgren and Fedoryshyn (2015).

Underlaget for utslippsfaktorer er hentet fra Handbook of Emission Factors for Road Transport (HBEFA). Den gir informasjon om utslipp i form av gram per kilometer for alle hovedkategorier av vegkjøretøy (personbiler, lett næringstransport, tung næringstransport og motorsykler) med underkategorier. HBEFA er en Microsoft Access database applikasjon opprettet av Umweltbundesamt (Miljødirektoratet) i Tyskland i 1995. Databasen er blitt videreutviklet med støtte fra Tyskland, Sveits, Østerrike, Norge, Sverige, Frankrike (og gir informasjon om utslippsfaktorer spesifikt for disse landene) og European Research Center of the European Commission. For mer informasjon om HBEFA, se www.hbefa.net. SSB bruker HBEFA til beregninger i utslippsregnskapet for vegtransport for bl.a. utslippene NO_x og PM (men ikke CO₂ og svovel siden de der baserer deg på drivstoffsalg) (Holmgren & Fedoryshyn, 2015). I dette prosjektet har vi mottatt HBEFA-underlaget som SSB bruker, med deres anvendte utslippsfaktorer og trafikkarbeid fordelt på de ulike kjøretøytypene og områdekategoriene. Oversikten over veitypene tilgjengelig i HBEFA-modellen er vist i Figur 6. Med dette underlaget kan vi beregne aggregerte utslippsfaktorer for en håndterlig mengde kjøretøytyper og områdekategorier. Vi vil også presisere at de anvendte utslippsfaktorene i dette prosjektet er beheftet med en del usikkerhet. Som beskrevet i Holmgren & Fedoryshyn (2015): For veitrafikk, som for andre utslippskilder, er usikkerheten knyttet både til aktivitetsdata og utslippsfaktorene, og i koblingen imellom dem.

Overview Traffic Situations

Area	Road type	Levels of service	Speed Limit [km/h]													
			30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	>130		
Rural	Motorway-Nat.	4 levels of service														
	Semi-Motorway	4 levels of service														
	TrunkRoad/Primary-Nat.	4 levels of service														
	Distributor/Secondary	4 levels of service														
	Distributor/Secondary(sinuous)	4 levels of service														
	Local/Collector	4 levels of service														
	Local/Collector(sinuous)	4 levels of service														
Access-residential	4 levels of service															
Urban	Motorway-Nat.	4 levels of service														
	Motorway-City	4 levels of service														
	TrunkRoad/Primary-Nat.	4 levels of service														
	TrunkRoad/Primary-City	4 levels of service														
	Distributor/Secondary	4 levels of service														
	Local/Collector	4 levels of service														
	Access-residential	4 levels of service														

Assigned Fleet Compositions:
 = Motorway
 = Rural
 = Urban

Return

Figur 6.1: Tilgjengelige kombinasjoner av veitype og fartsgrense i HBEFA. Kilde: Holmgren and Fedoryshyn (2015).

HBEFA gir oss utslippsfaktorer for utslipp av partikler, NO_x og CO₂ fra forbrenningsmotorer (forkortet med ICE – Internal Combustion Engine). I tillegg til direkteutslipp fra motorer er det utslipp av partikler fra dekk, bremses og svevestøv. Utslippsfaktorer for slike partikkelutslipp fordelt på tunge og lette biler og motorsykler er mottatt fra utslippsregnskapsavdelingen i SSB. Disse utslippsfaktorene vil fortsatt være aktuelle selv om kjøretøyet skulle ha ingen direkte eksosutslipp, dvs. drives av elektrisitet eller hydrogen.

Utslippsfaktorene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, *forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt*. Dette gjelder også for hydrogen. Det er strenge forutsetninger for å kalle drivstoff klimanøytralt. F.eks. vil det forutsette at hydrogen er fremstilt ved elektrolyse, og ikke fremstilt fra naturgass. Videre må det i produksjonen av biodrivstoff bli lagret i jorden tilsvarende utslippene forbundet med prosessering og transport. Fremstillingen av syntetisk diesel (og hydrogen) må være gjort med fornybar energi og/eller gjort innenfor et bindende kvotemarked for å kunne ansees som klimanøytral. I tillegg bør rensesystemet i bilen (f.eks. Euro VI) være moderne for å sikre at det ikke blir noen økninger i NO_x og PM-utslipp fra bruk av biodrivstoff. For praktisk bruk i samfunnsøkonomiske analyser, kan det forutsettes at utslippsfaktorene for NO_x og PM er uendret av bruken av biodrivstoff eller syntetisk diesel. Videre kan det forutsettes at CO₂-utslippene kan skaleres ned proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, såfremt drivstoffet kan klassifiseres som klimanøytralt. For mer informasjon om biodrivstoff og syntetisk diesel, se Weber and Amundsen (2016) og Edwards, Larivé, Rickeard, and Weindorf (2014).

I tillegg til utslippsfaktorene fra HBEFA har vi mottatt en oversikt over utslippsfaktorer knyttet til PM₁₀-utslipp fra dekk, bremses og veistøv fra Seksjon for energi-, miljø- og transportstatistikk i SSB. Denne oversikten er relativt grov, og gir oss kun mulighet til benytte nasjonale gjennomsnittsfaktorer på en håndfull kjøretøykategorier.

Vi ender opp med et sett med utslippstabeller. For leservennlighetens skyld har vi skilt mellom utslipp fra tung godstransport, for persontransport og for varebiler, busser og motorsykler.

Tabellen under inneholder utslippsfaktorer fordelt på størrelsesklasser.

Tabell 6.1: Utslippsfaktorer for tunge godsbiler for ulike områdetyper. Utslippsfaktorene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Vektklasse	Områdetype	Liter drivstoff / km	gCO ₂ /km	gNO _x /km	gPM/km fra eksos	gSO ₂ /km	gPM ₁₀ /km fra dekk, brems og veistøv
<=7,5t	Spredt bebyggelse	0,14	331	2,05	0,05	0,002	0,21
<=7,5t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,14	317	2,20	0,06	0,001	0,21
<=7,5t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,14	317	2,20	0,06	0,001	0,21
>7,5-14t	Spredt bebyggelse	0,20	471	2,52	0,06	0,002	0,21
>7,5-14t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,20	481	3,05	0,07	0,002	0,21
>7,5-14t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,20	481	3,05	0,07	0,002	0,21
>14-20t	Spredt bebyggelse	0,24	574	2,62	0,05	0,003	0,21
>14-20t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,26	609	3,72	0,06	0,003	0,21
>14-20t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,26	609	3,72	0,06	0,003	0,21
>20-28t	Spredt bebyggelse	0,33	763	2,87	0,05	0,004	0,21
>20-28t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,35	826	4,09	0,07	0,004	0,21
>20-28t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,35	826	4,09	0,07	0,004	0,21
>28-40t	Spredt bebyggelse	0,39	912	2,79	0,05	0,004	0,21
>28-40t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,42	980	3,88	0,06	0,005	0,21
>28-40t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,42	980	3,88	0,06	0,005	0,21
>40-50t	Spredt bebyggelse	0,42	978	2,84	0,04	0,005	0,21
>40-50t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,45	1062	4,10	0,06	0,005	0,21
>40-50t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,45	1062	4,10	0,06	0,005	0,21
>50-60t	Spredt bebyggelse	0,51	1186	4,18	0,07	0,005	0,21
>50-60t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,55	1293	5,41	0,09	0,006	0,21
>50-60t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,55	1293	5,41	0,09	0,006	0,21
Bensin, alle klasser	Spredt bebyggelse	0,18	478	4,62	0,00	0,001	0,21
Bensin, alle klasser	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,19	487	4,42	0,00	0,001	0,21
Bensin, alle klasser	Tettsted (>100 000 innb.)	0,19	487	4,42	0,00	0,001	0,21
Alle tunge godsbiler	Spredt bebyggelse	0,41	969	3,55	0,06	0,004	0,21
Alle tunge godsbiler	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,45	1047	4,62	0,08	0,005	0,21
Alle tunge godsbiler	Tettsted (>100 000 innb.)	0,45	1047	4,62	0,08	0,005	0,21
El eller hydrogen	Spredt bebyggelse						0,21
El eller hydrogen	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)						0,21
El eller hydrogen	Tettsted (>100 000 innb.)						0,21

Tabell 6.2: Utslippsfaktorer for personbiler for ulike områdetyper. Utslippsfaktorene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Drivstoff	Områdetype	Liter drivstoff/ km	gCO ₂ / km	gNO _x / km	gPM/km fra eksos	gSO ₂ /km	gPM ₁₀ /km fra dekk, bremser og veistøv
Diesel	Spredt bebyggelse	0,053	123	0,62	0,010	0,001	0,03
Diesel	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,061	143	0,65	0,012	0,001	0,03
Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	0,061	143	0,65	0,012	0,001	0,03
Hybrid	Spredt bebyggelse		87	0,01	0,001	0,000	0,03
Hybrid	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)		98	0,01	0,001	0,000	0,03
Hybrid	Tettsted (>100 000 innb.)		98	0,01	0,001	0,000	0,03
LPG	Spredt bebyggelse	0,076	121	0,04	0,001	0,000	0,03
LPG	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,085	135	0,06	0,001	0,000	0,03
LPG	Tettsted (>100 000 innb.)	0,085	135	0,06	0,001	0,000	0,03
Bensin	Spredt bebyggelse	0,055	145	0,14	0,003	0,000	0,03
Bensin	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,061	162	0,15	0,002	0,000	0,03
Bensin	Tettsted (>100 000 innb.)	0,061	162	0,15	0,002	0,000	0,03
Alle med ICE	Spredt bebyggelse		131	0,43	0,007	0,001	0,03
Alle med ICE	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)		149	0,46	0,008	0,001	0,03
Alle med ICE	Tettsted (>100 000 innb.)		149	0,46	0,008	0,001	0,03
El eller hydrogen	Spredt bebyggelse						0,03
El eller hydrogen	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)						0,03
El eller hydrogen	Tettsted (>100 000 innb.)						0,03

Tabell 6.3: Utslippsfaktorer for varebiler, motorsykler og busser. Utslippsfaktorene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Kjøretøy	Drivstoff	Områdetype	Liter drivstoff/ km	gCO ₂ / km	gNO _x /k m	gPM/km	gSO ₂ /km	gPM ₁₀ /km fra dekk, bremser og veistøv
Varebiler	Diesel	Spredt bebyggelse	0,08	184	0,74	0,03	0,001	0,03
Varebiler	Diesel	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,08	191	0,64	0,03	0,001	0,03
Varebiler	Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	0,08	191	0,64	0,03	0,001	0,03
Varebiler	Bensin	Spredt bebyggelse	0,06	162	0,34	0,01	0,000	0,03
Varebiler	Bensin	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,07	180	0,37	0,00	0,001	0,03
Varebiler	Bensin	Tettsted (>100 000 innb.)	0,07	180	0,37	0,00	0,001	0,03
MC	Bensin	Spredt bebyggelse	0,03	83	0,13	0,00	0,000	0,00
MC	Bensin	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,03	87	0,09	0,00	0,000	0,00
MC	Bensin	Tettsted (>100 000 innb.)	0,03	87	0,09	0,00	0,000	0,00
Turbuss	Diesel	Spredt bebyggelse	0,33	784	2,84	0,05	0,004	0,21
Turbuss	Diesel	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,40	928	4,68	0,06	0,004	0,21
Turbuss	Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	0,40	928	4,68	0,06	0,004	0,21
Bybuss	CNG	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)		1043	3,14	0,01	0,000	0,21
Bybuss	CNG	Tettsted (>100 000 innb.)		1043	3,14	0,01	0,000	0,21
Bybuss	Diesel	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,37	864	3,67	0,04	0,004	0,21
Bybuss	Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	0,37	864	3,67	0,04	0,004	0,21

Under forutsetningene for hvordan kjøretøykilometerne fordeler seg mellom de ulike områdetypene slik det er beskrevet i Holmgren and Fedoryshyn (2015) kan de tre siste tabellene aggregeres opp til vektete nasjonale gjennomsnitt:

Tabell 6.4: Utslippsfaktorer tunge godsbiler, vektet nasjonalt snitt. Utslippsfaktorene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Vektklasse	Områdetype	Liter drivstoff/ km	gCO ₂ /km	gNO _x /km	gPM/km fra eksos	gSO ₂ /km	gPM ₁₀ /km fra dekk, bremser og veistøv
<=7,5t	Alle	0,14	325	2,11	0,05	0,001	0,21
>7,5-14t	Alle	0,20	475	2,74	0,06	0,002	0,21
>14-20t	Alle	0,25	589	3,07	0,05	0,003	0,21
>20-28t	Alle	0,34	789	3,38	0,06	0,004	0,21
>28-40t	Alle	0,40	940	3,24	0,05	0,004	0,21
>40-50t	Alle	0,43	1013	3,36	0,05	0,005	0,21
>50-60t	Alle	0,52	1230	4,69	0,08	0,006	0,21
Bensin, alle klasser	Alle	0,18	481	4,54	0,00	0,001	0,21
Alle tunge godsbiler	Alle	0,43	1001	4,00	0,07	0,005	0,21
El eller hydrogen	Alle						0,21

Tabell 6.5: Utslippsfaktorer personbiler, vektet nasjonalt snitt. Utslippsfaktorene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Drivstoff	Områdetype	Liter drivstoff/ km	gCO ₂ /km	gNO _x /km	gPM/km fra eksos	gSO ₂ /km	gPM ₁₀ /km fra dekk, bremser og veistøv
Diesel	Alle	0,057	134	0,63	0,011	0,0006	0,03
Hybrid	Alle		93	0,01	0,001	0,0003	0,03
LPG	Alle	0,081	128	0,05	0,001	0,0000	0,03
Bensin	Alle	0,059	154	0,14	0,002	0,0005	0,03
Alle med ICE	Alle		141	0,45	0,008	0,0006	0,03
El eller hydrogen r	Alle						0,03

Tabell 6.6: Utslippsfaktorer varebiler, MC og buss, vektet nasjonalt snitt. Utslippsfaktorene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Kjøretøy	Drivstoff	Områdetype	Liter drivstoff/ km	gCO ₂ /km	gNO _x /km	gPM/km	gSO ₂ /km	gPM ₁₀ /km fra dekk, bremser og veistøv
Varebiler	Diesel	Alle	0,08	188	0,69	0,03	0,001	0,03
Varebiler	Bensin	Alle	0,07	172	0,35	0,00	0,001	0,03
MC	Bensin	Alle	0,03	85	0,11	0,00	0,000	0,00
Turbuss	Diesel	Alle	0,37	862	3,83	0,06	0,004	0,21
Bybuss	CNG	Alle		1043	3,14	0,01	0,000	0,21
Bybuss	Diesel	Alle	0,37	864	3,67	0,04	0,004	0,21

På forespørsel fra oppdragsgiver har vi også laget en tabell med utslippsfaktorer for tunge godsbiler for motorvekjøring.

Tabell 6.7: Utslippsfaktorer tunge godsbiler, motorvegkjøring. Utslippsfaktorene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Vektklasse	Vegtype	Liter drivstoff/ km	gCO ₂ /km	gNO _x /km	gPM/km fra eksos	gSO ₂ /km	gPM ₁₀ /km fra dekk, bremses og veistøv
<=7,5t	Motorveg	0,15	342	2,08	0,05	0,002	0,21
>7,5-14t	Motorveg	0,20	466	2,46	0,05	0,002	0,21
>14-20t	Motorveg	0,23	545	2,39	0,05	0,003	0,21
>20-28t	Motorveg	0,30	696	2,53	0,05	0,003	0,21
>28-40t	Motorveg	0,35	822	2,46	0,04	0,004	0,21
>40-50t	Motorveg	0,37	863	2,43	0,04	0,004	0,21
>50-60t	Motorveg	0,44	1037	3,60	0,06	0,005	0,21
Bensin, alle klasser	Motorveg	0,21	494	4,85	0,00	0,001	0,21
El eller hydrogen	Motorveg						0,21

Med verdsettingene gitt i forrige delkapittel ender vi opp med følgende utslippskostnader per kjøretøykm for kombinasjonene av kjøretøytyper og områdetyper:

Tabell 6.8: Utslippskostnader per km for tunge godsbiler (2019-kr). Utslippskostnadene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Vektklasse	Områdetype	kr/km CO ₂	kr/km NO _x	kr/km PM fra eksos	kr/km SO ₂	kr/km PM fra annet	SUM lokale
<=7,5t	Spredt bebyggelse	0,17	0,05	0,00	0,0000	0,00	0,05
<=7,5t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,16	0,19	0,02	0,0000	0,18	0,39
<=7,5t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,16	0,87	0,18	0,0000	1,63	2,68
>7,5-14t	Spredt bebyggelse	0,24	0,06	0,00	0,0000	0,00	0,06
>7,5-14t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,24	0,27	0,02	0,0000	0,18	0,47
>7,5-14t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,24	1,20	0,22	0,0000	1,63	3,05
>14-20t	Spredt bebyggelse	0,29	0,06	0,00	0,0000	0,00	0,06
>14-20t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,31	0,33	0,02	0,0000	0,18	0,53
>14-20t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,31	1,47	0,20	0,0001	1,63	3,30
>20-28t	Spredt bebyggelse	0,39	0,06	0,00	0,0000	0,00	0,07
>20-28t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,42	0,36	0,02	0,0000	0,18	0,56
>20-28t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,42	1,61	0,21	0,0001	1,63	3,46
>28-40t	Spredt bebyggelse	0,46	0,06	0,00	0,0000	0,00	0,07
>28-40t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,50	0,34	0,02	0,0001	0,18	0,54
>28-40t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,50	1,53	0,19	0,0001	1,63	3,36
>40-50t	Spredt bebyggelse	0,50	0,06	0,00	0,0000	0,00	0,07
>40-50t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,54	0,36	0,02	0,0001	0,18	0,56
>40-50t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,54	1,62	0,18	0,0001	1,63	3,43
>50-60t	Spredt bebyggelse	0,60	0,09	0,00	0,0000	0,00	0,10
>50-60t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,66	0,48	0,03	0,0001	0,18	0,69
>50-60t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,66	2,13	0,29	0,0001	1,63	4,06
Bensin, alle klasser	Spredt bebyggelse	0,24	0,10	0,00	0,0000	0,00	0,11
Bensin, alle klasser	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,25	0,39	0,00	0,0000	0,18	0,57
Bensin, alle klasser	Tettsted (>100 000 innb.)	0,25	1,74	0,00	0,0000	1,63	3,38
Alle tunge godsbiler	Spredt bebyggelse	0,49	0,08	0,00	0,0000	0,00	0,09
Alle tunge godsbiler	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,53	0,41	0,03	0,0001	0,18	0,62
Alle tunge godsbiler	Tettsted (>100 000 innb.)	0,53	1,82	0,25	0,0001	1,63	3,71
El eller hydrogen	Spredt bebyggelse					0,00	0,00
El eller hydrogen	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)					0,18	0,18
El eller hydrogen	Tettsted (>100 000 innb.)					1,63	1,63

Tabell 6.9: Utslippskostnader per km fra personbiler (2019-kr). Utslippskostnadene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Drivstoff	Områdetype	kr/km CO ₂	kr/km NO _x	kr/km PM fra eksos	kr/km SO ₂	kr/km PM fra annet	SUM lokale
Diesel	Spredt bebyggelse	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
Diesel	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,07	0,06	0,00	0,00	0,03	0,09
Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	0,07	0,26	0,04	0,00	0,24	0,53
Hybrid	Spredt bebyggelse	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hybrid	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,05	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03
Hybrid	Tettsted (>100 000 innb.)	0,05	0,01	0,00	0,00	0,24	0,24
LPG	Spredt bebyggelse	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
LPG	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,07	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03
LPG	Tettsted (>100 000 innb.)	0,07	0,02	0,00	0,00	0,24	0,26
Bensin	Spredt bebyggelse	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bensin	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,08	0,01	0,00	0,00	0,03	0,04
Bensin	Tettsted (>100 000 innb.)	0,08	0,06	0,01	0,00	0,24	0,30
Alle med ICE	Spredt bebyggelse	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
Alle med ICE	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,08	0,04	0,00	0,00	0,03	0,07
Alle med ICE	Tettsted (>100 000 innb.)	0,08	0,18	0,03	0,00	0,24	0,44
El eller hydrogen	Spredt bebyggelse	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
El eller hydrogen	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03
El eller hydrogen	Tettsted (>100 000 innb.)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,24

Tabell 6.10: Utslippskostnader per km for varebiler, motorsykler og busser (2019-kr). Utslippskostnadene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Kjøretøy	Drivstoff	Områdetype	kr/km CO ₂	kr/km NO _x	kr/km PM fra eksos	kr/km SO ₂	kr/km PM fra annet	SUM lokale
Varebiler	Diesel	Spredt bebyggelse	0,09	0,02	0,00	0,0000	0,00	0,02
Varebiler	Diesel	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,10	0,06	0,01	0,0000	0,03	0,09
Varebiler	Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	0,10	0,25	0,09	0,0000	0,26	0,59
Varebiler	Bensin	Spredt bebyggelse	0,08	0,01	0,00	0,0000	0,00	0,01
Varebiler	Bensin	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,09	0,03	0,00	0,0000	0,03	0,06
Varebiler	Bensin	Tettsted (>100 000 innb.)	0,09	0,14	0,01	0,0000	0,26	0,41
MC	Bensin	Spredt bebyggelse	0,04	0,00	0,00	0,0000	0,00	0,00
MC	Bensin	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,04	0,01	0,00	0,0000	0,00	0,01
MC	Bensin	Tettsted (>100 000 innb.)	0,04	0,04	0,00	0,0000	0,04	0,07
Turbuss	Diesel	Spredt bebyggelse	0,40	0,06	0,00	0,0000	0,00	0,07
Turbuss	Diesel	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,47	0,41	0,02	0,0000	0,18	0,62
Turbuss	Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	0,47	1,85	0,21	0,0001	1,63	3,69
Bybuss	CNG	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,53	0,28	0,00	0,0000	0,18	0,46
Bybuss	CNG	Tettsted (>100 000 innb.)	0,53	1,24	0,03	0,0000	1,63	2,91
Bybuss	Diesel	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,44	0,32	0,01	0,0000	0,18	0,52
Bybuss	Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	0,44	1,45	0,12	0,0001	1,63	3,21

Under forutsetningene for hvordan kjøretøykilometerne fordeler seg mellom de ulike områdetypene slik det er beskrevet i Holmgren and Fedoryshyn (2015) kan de tre siste tabellene aggregeres opp til vektete nasjonale gjennomsnitt:

Tabell 6.11: Utslippskostnader per km for tunge godsbiler (2019-kr), vektet nasjonalt snitt. Utslippskostnadene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Vektklasse	Områdetype	kr/km CO ₂	kr/km NO _x	kr/km PM fra eksos	kr/km SO ₂	kr/km PM fra annet	SUM lokale
<=7,5t	Alle	0,17	0,23	0,04	0,00	0,33	0,60
>7,5-14t	Alle	0,24	0,31	0,04	0,00	0,33	0,69
>14-20t	Alle	0,30	0,37	0,04	0,00	0,33	0,75
>20-28t	Alle	0,40	0,41	0,04	0,00	0,33	0,79
>28-40t	Alle	0,48	0,39	0,04	0,00	0,33	0,76
>40-50t	Alle	0,51	0,41	0,04	0,00	0,33	0,78
>50-60t	Alle	0,63	0,54	0,06	0,00	0,33	0,94
Bensin, alle klasser	Alle	0,24	0,46	0,00	0,00	0,33	0,80
Alle tunge godsbiler	Alle	0,51	0,46	0,05	0,00	0,33	0,85
El eller hydrogen	Alle					0,33	0,33

Tabell 6.12: Utslippskostnader per km for personbiler (2019-kr), vektet nasjonalt snitt. Utslippskostnadene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Drivstoff	Områdetype	kr/km CO ₂	kr/km NO _x	kr/km PM fra eksos	kr/km SO ₂	kr/km PM fra annet	SUM lokale
Diesel	Alle	0,07	0,08	0,01	0,00	0,06	0,16
Hybrid	Alle	0,05	0,00	0,00	0,00	0,06	0,06
LPG	Alle	0,07	0,01	0,00	0,00	0,06	0,07
Bensin	Alle	0,08	0,02	0,00	0,00	0,06	0,08
Alle med ICE	Alle	0,07	0,06	0,01	0,00	0,06	0,13
El eller hydrogen	Alle					0,06	0,06

Tabell 6.13: Utslippskostnader per km for varebiler, MC og busser (2019-kr), vektet nasjonalt snitt. Utslippskostnadene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Kjøretøy	Drivstoff	Områdetype	kr/km CO ₂	kr/km NO _x	kr/km PM fra eksos	kr/km SO ₂	kr/km PM fra annet	SUM lokale
Varebiler	D	Alle	0,10	0,08	0,02	0,00	0,07	0,17
Varebiler	P	Alle	0,09	0,05	0,00	0,00	0,07	0,12
MC	P	Alle	0,04	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02
Turbuss	D	Alle	0,44	0,58	0,06	0,00	0,43	1,07
Bybuss	CNG	Alle	0,53	0,69	0,02	0,00	0,80	1,50
Bybuss	D	Alle	0,44	0,80	0,06	0,00	0,80	1,66

6.2 Togtransport

Med tanke på utslipp vil dette delkapitlet fokusere på dieseltog. Fra SSBs utslippsregnskap blir utslipp av CO₂, NO_x, PM10¹⁴ og SO₂ beregnet som et forholdstall til dieselforbruket.

Tabell 6.14: Utslippsfaktorer per tonn diesel.

	CO ₂ (tonn)	NO _x (kg)	PM ₁₀ kg	SO ₂ (kg)
Utslippsfaktorer per tonn diesel	3,17	47	3,8	0,015

Disse forholdstallene regnes sammen med gjennomsnittlig dieselforbruk per kilometer for persontog og godstog. Førstnevnte er hentet fra *NSB Persontogs Miljø- og samfunnsrapport 2015*, mens sistnevnte er hentet fra kostnadsfunksjonene til Nasjonal Godsmodell, dokumentert i Grønland (2018). Sistnevnte bygger på EcoTransit: Ecological Transport Information Tool for Worldwide Transport (dokumentert i Berne, Hannover & Heidelberg, 2016). Grønland (2018) har videre gjort tilpasninger slik at det passer med kjente verdier for et 480 meters tog.

CargoNet brukte også EcoTransit som underlag i beregningen av drivstofforbruk per km i NSB-konsernets "Miljøregnskap 2012", som er siste sted hvor forbruk per kjøretøykilometer eller tonnkilometer er dokumentert. Etter kontakt med CargoNet for å få oppdaterte tall er vi bare blitt henvist tilbake til de siste tallene fra 2012.

Tabell 6.15: Gjennomsnittlig drivstofforbruk per km for godstog og persontog.

	Godstog -diesel	Persontog - diesel
Drivstofforbruk per km	7,74	1,44

Det gir oss følgende utslipp per km:

Tabell 6.16: Utslipp per km for godstog og persontog.

Togtype	Områdetype	CO ₂ (kg)	NO _x (g)	PM fra eksos (g)	SO ₂ (g)
Godstog	Alle	20,6	305,7	24,7	0,10
Persontog	Alle	3,8	56,9	4,6	0,02

Med verdsettingene gitt i kapittel 5.2 får vi følgende estimat på marginale utslippskostnader per kilometer med togtransport.

¹⁴ Sammenlignet med EcoTransits anvendte verdier for PM₁₀-utslipp per liter diesel, er tallene fra det norske utslippsregnskapet noe høyere. Vi velger likevel å bruke SSBs utslippsregnskaps verdier av 2 grunner:

1: De er innenfor konfidensintervallet internasjonalt, gitt ved EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 (største KI er i tabell 3-4)

2: De er konsistent med utslippsregnskapet (og de er videreført i Miljødirektoratet (2017, s. 277))

Tabell 6.17: Marginale utslippkostnader for godstog og persontog (2019-kr). Utslippkostnadene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Togtype	Områdetype	kr/km CO ₂	kr/km NO _x	kr/km PM fra eksos	kr/km SO ₂	SUM lokale
Godstog	Spredt bebyggelse	10,48	6,81	0,55	0,007	7,37
Godstog	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	10,48	26,84	8,78	0,007	35,63
Godstog	Tettsted (>100 000 innb.)	10,48	120,59	79,22	0,007	199,81
Persontog	Spredt bebyggelse	1,95	1,27	0,10	0,001	1,37
Persontog	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	1,95	4,99	1,63	0,001	6,63
Persontog	Tettsted (>100 000 innb.)	1,95	22,42	14,73	0,001	37,15

6.3 Sjøtransport

Gitt den relativt disaggregerte framstillingen av marginale skadekostnader for sjøtransport, med 8 dwt-kategorier og 14 skipstyper, vil vi kun presentere samletabellene i siste kapittel av hovedrapporten. Tabellene for de enkelte skadekostnadene, inkludert utslipp til luft, er gitt til oppdragsgiver i Excel-ark, men de er også gjengitt i vedlegget *Detaljerte tabeller for skadekostnader fra sjøtransport* etter siste kapittel av hovedrapporten.

Bakgrunnen for de beregnede skadekostnadene til luft fra sjøtransport er gitt i Del 2 Vedlegg 1) Utslipp til luft_sjøtransport.

6.4 For godstransport: Skadekostnad per tonnkm

For å få et estimat på eksterne kostnader per tonnkm, trengs et estimat på gjennomsnittlig lastvekt for de ulike kjøretøytypene. For lastebiler og vogntog har vi benyttet gjennomsnittstall for de ulike vektclassene fra Lastebilundersøkelsen for årene 2016 og 2017. For varebiler benytter vi gjennomsnittstall fra Små godsbil undersøkelsen fra 2014/2015. For godstog benytter vi gjennomsnittstall fra kostnadsfunksjonene til Nasjonal Godsmodell, dokumentert i Grønland (2018). Det gir oss følgende anvendte tall for gjennomsnittlig lastvekt.

Tabell 6.18: Gjennomsnittlig godsmengde for ulike kjøretøytyper

Kjøretøytype	Vektklasse	Gjennomsnittlig lastvekt
Lastebil/vogntog	<=7,5t	1,2
Lastebil/vogntog	>7,5-14t	1,7
Lastebil/vogntog	>14-20t	2,6
Lastebil/vogntog	>20-28t	4,3
Lastebil/vogntog	>28-40t	5,6
Lastebil/vogntog	>40-50t	12,7
Lastebil/vogntog	>50-60t	13,8
Varebil	<=3,5t	0,1
Godstog		426,0

Det gir oss følgende marginale utslippskostnader per tonnkilometer for tunge godsbiler:

Tabell 6.19: Marginale utslippskostnader per tonnkilometer for tunge godsbiler (2019-kr). Utslippskostnadene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Vektklasse	Områdetype	kr/tkm CO ₂	kr/tkm NO _x	kr/tkm PM fra eksos	kr/tkm SO ₂	kr/tkm PM fra annet	SUM lokale
<=7,5t	Spredt bebyggelse	0,14	0,04	0,00	0,00	0,00	0,04
<=7,5t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,14	0,17	0,02	0,00	0,16	0,34
<=7,5t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,14	0,74	0,16	0,00	1,40	2,30
>7,5-14t	Spredt bebyggelse	0,14	0,03	0,00	0,00	0,00	0,04
>7,5-14t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,14	0,16	0,01	0,00	0,11	0,28
>7,5-14t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,14	0,71	0,13	0,00	0,97	1,81
>14-20t	Spredt bebyggelse	0,11	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02
>14-20t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,12	0,12	0,01	0,00	0,07	0,20
>14-20t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,12	0,55	0,07	0,00	0,62	1,25
>20-28t	Spredt bebyggelse	0,09	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
>20-28t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,10	0,08	0,01	0,00	0,04	0,13
>20-28t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,10	0,38	0,05	0,00	0,38	0,81
>28-40t	Spredt bebyggelse	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
>28-40t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,09	0,06	0,00	0,00	0,03	0,10
>28-40t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,09	0,27	0,03	0,00	0,29	0,59
>40-50t	Spredt bebyggelse	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
>40-50t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,04	0,03	0,00	0,00	0,01	0,04
>40-50t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,04	0,13	0,01	0,00	0,13	0,27
>50-60t	Spredt bebyggelse	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
>50-60t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,05	0,03	0,00	0,00	0,01	0,05
>50-60t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,05	0,16	0,02	0,00	0,12	0,29
Bensin, alle klasser	Spredt bebyggelse	0,09	0,04	0,00	0,00	0,00	0,04
Bensin, alle klasser	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,09	0,15	0,00	0,00	0,07	0,22
Bensin, alle klasser	Tettsted (>100 000 innb.)	0,09	0,66	0,00	0,00	0,62	1,28
Alle tunge godsbiler	Spredt bebyggelse	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
Alle tunge godsbiler	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,06	0,04	0,00	0,00	0,02	0,06
Alle tunge godsbiler	Tettsted (>100 000 innb.)	0,06	0,19	0,03	0,00	0,17	0,39

Utslippskostnadene for godsbilene kan justeres dersom det benyttes nullutslippsteknologi (elektrisitet eller hydrogen) eller alternative drivstoff som biodrivstoff eller syntetisk diesel. Ved elektrisitet eller hydrogen kan kostnadsfaktorene for CO₂, NO_x, PM₁₀ fra eksos og SO₂ reduseres til null. Ved bruk av klimanøytralt biodrivstoff eller syntetisk diesel, kan kostnadsfaktorene for CO₂ reduseres proporsjonalt med andelen av det klimanøytrale drivstoffet.

Kostnadsfaktorer brutt ned på Euroklasse kan beregnes i Excel-ark som er oversendt til oppdragsgiver.

For varebiler blir utslippskostnadene per tonnkilometer:

Tabell 6.20: Marginale utslippskostnader per tonnkilometer for varebiler (2019-kr). Utslippskostnadene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Kjøretøy	Drivstoff	Områdetype	kr/tkm CO ₂	kr/tkm NO _x	kr/tkm PM fra eksos	kr/tkm SO ₂	kr/tkm PM fra annet	SUM lokale
Varebiler	D	Spredt bebyggelse	0,93	0,16	0,01	0,00	0,01	0,18
Varebiler	D	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,96	0,56	0,09	0,00	0,28	0,94
Varebiler	D	Tettsted (>100 000 innb.)	0,96	2,53	0,85	0,00	2,54	5,92
Varebiler	P	Spredt bebyggelse	0,82	0,08	0,00	0,00	0,01	0,08
Varebiler	P	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,91	0,32	0,01	0,00	0,28	0,62
Varebiler	P	Tettsted (>100 000 innb.)	0,91	1,44	0,12	0,00	2,54	4,10

For godstog med dieselmotor blir utslippskostnadene per tonnkilometer:

Tabell 6.21: Marginale utslippskostnader per tonnkilometer med godstog med dieselmotor (2019-kr). Utslippskostnadene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Kjøretøy	Områdetype	kr/tkm CO ₂	kr/tkm NO _x	kr/tkm PM fra eksos	kr/tkm SO ₂	SUM lokale
Godstog	Spredt bebyggelse	0,02	0,02	0,00	0,00	0,02
Godstog	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,02	0,06	0,02	0,00	0,08
Godstog	Tettsted (>100 000 innb.)	0,02	0,28	0,19	0,00	0,47

6.5 Eksempelberegninger for utvalgte transportkjeder

I samråd med oppdragsgiver har vi valgt ut fire eksempelstrækninger for å beregne forskjeller i utslippskostnader ved dør-til-dør transport ved bruk vegtransport, og transport hvor hoveddelen gjøres på sjø eller bane. Eksempelene skal representere «typiske transporter» på strækninger som er viktige konkurranseflater mellom vegtransport og transport med via sjø eller bane. Eksempelene vi har kommet fram til er:

For sjøtransport:

1. Gdynia – Oslo Havn – Varelager på Skedsmo
2. Rotterdam – Bergen Havn – Varelager på Flesland

For togtransport

1. Oslo (Alnabru) – Trondheim (Brattøra) – Varelager i Heimdal
2. Oslo (Alnabru) – Bergen (Nygårdstangen) – Varelager på Flesland

I banecaset tar vi utgangspunkt i at godset fraktes fra Alnabruterminalen for både bane-transport eller den alternative transporten med trekkvogn og semitrailer. Ettersom transporten til Alnabru kan forventes å være identisk uavhengig om den fraktes videre med tog eller bil, er det utelatt fra eksempelene, slik at vi kan rendyrke forskjellene mellom transportformene på disse eksempelstrækningene.

Vi vil poengtere at eksempelberegningene kun skal gi et inntrykk av forskjeller i utslippskostnader for de ulike transportformene for ulike strækninger. Eksempelene har ikke med øvrige skadekostnader fra transport, og de trenger ikke indikere at en transportform er mer samfunnsøkonomisk lønnsom enn en annen.

Eksempelberegningene er også overlevert til oppdragsgiver i Excel-format, og kan brukes som et verktøy for nye beregninger med endrede strekninger og forutsetninger (f.eks. lastvekten i lastbæreren brukt i sammenligningen mellom transport på veg, sjø og bane).

For å beregne transportavstand for de ulike transportformene har vi benyttet oss av Kystverkets beregningsverktøy for nytteverdien ved overføring fra vei til sjø¹⁵. Dette verktøyet beregner også hvordan de kjørte kilometerne fordeler seg på de tre områdetypene benyttet for klassifisering av kostnadsestimater i de foregående delkapitlene. Det er kun kilometer og utslipp på norsk jord eller i norske farvann som tas med i beregningene.

6.5.1 Sjøcase: Gdynia – Oslo

Dette eksempelet tar utgangspunkt i at det skal fraktes gods tilsvarende gjennomsnittsvekten av godset i en 40-fots container for årene 2016-2017. Basert på havnestatistikk fra SSB blir dette 13.8 tonn. Dette anser vi også som en realistisk lastvekt for en semitrailers som ville gjort samme transport langs veien, og vi forutsetter at semitraileren er i lastebil-klassen 28-40 tonn (standard maksimalvekt i kontinental-Europa er på 40 tonn). Lastebilen som tar imot containeren etter at den er blitt lastet av skipet og kjører den til Skedsmo er også forutsatt å være i den størrelsesklassen. Skipet som frakter containeren til Oslo forutsettes å være et containerskip i størrelseskategorien 5000-15000 dødvektstonn (dwt). Dette er den vanligste størrelseskategorien for containerskip i havnestatistikken for både Oslo og Bergen. Gjennomsnittlige dwt for containerskip i denne kategorien er 9880, med en BT på 8187. Med forutsetning om en gjennomsnittlig lastvekt på halvparten av skipets dwt, blir skipets last på 4940 tonn. Tidsbruk og utslipp fra skipets hjelpemotorer under lossingen av den aktuelle containeren er beregnet utfra metoden og parameterne beskrevet i Rødseth, Wangsness, and Klæboe (2017). Utslipp og de påfølgende kostnadene er beregnet for både de aktuelle kjøretøyene per delstrekning og lossing per container, og fordelt på alle tonnene med last i hvert ledd, for å fange opp utslippskostnaden for gjennomsnittstonnet.

Tabellen under viser utslipp og utslippskostnader på norsk jord og i norske farvann for transport med skip.

Tabell 6.22: Utslipp og utslippskostnader med skip, lossing og distribusjon med lastebil for eksempelet Gdynia-Oslo.

Skip	Kilometer	Utslipp CO ₂ , kg	Utslipp NO _x , kg	Utslipp PM ₁₀ , eksos, kg	Utslipp SO ₂ , kg	Utslipp PM ₁₀ , annet, kg	Lastvekt	Kostnad	Kostnad for gjennomsnitts- tonnet
Spredd bebyggelse	108,2	11 805	196	2,0	17,0			10 395	2,08
Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0	0	0	0,0	0,0			0	0,00
Tettsted (>100 000 innb.)	10	1 091	18	0,2	1,6			8 299	1,66
SUM	118,2	12 896	214	2	19		4940	18 694	3,78
Lossing i Oslo		8,70	0,17	0,00	0,01	0	13,8	80,62	5,84
Distribusjon med lastebil									
Spredd bebyggelse	9,1	8	0,03	0,00	0,00	0,00		5	0,35
Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00		0	0,00
Tettsted (>100 000 innb.)	17,6	17	0,07	0,00	0,00	0,00		68	4,91
SUM	26,7	25,6	0,1	0,0	0,0	0,0	13,8	72,65	5,26
SUM alle ledd	144,9								14,89

¹⁵ <https://kystverket.no/Maritim-infrastruktur/sjotransport/insentivordning-for-overforing-av-gods-fra-veg-til-sjo/beregningsverktoy/>

Tabellen under viser tilsvarende om transporten hadde blitt gjort dør-til-dør med lastebil.

Tabell 6.23: Utslipp og utslippskostnader for dør-til-dør med lastebil for eksempelet Gdyna-Oslo.

	Kilometer	Utslipp CO ₂ , kg	Utslipp NO _x , kg	Utslipp PM ₁₀ , eksos, kg	Utslipp SO ₂ , kg	Utslipp PM ₁₀ , annet, kg	Lastvekt	Kostnad	Kostnad for gjennomsnitts- tonnet
Spredt bebyggelse	114,3	104	0,3	0,01	0,00	0,02		60,71	4,40
Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,5	0	0,0	0,00	0,00	0,00		0,52	0,04
Tettsted (>100 000 innb.)	17,7	17	0,1	0,00	0,00	0,00		68,20	4,94
SUM	132,5	122,1	0,4	0,0	0,0	0,0	13,8	129,43	9,38

I dette eksempelet er kostnaden for gjennomsnittstonnet 5.51 kr høyere for frakt med skip framfor dør-til-dør transport med lastebil. De viktigste driverne for dette er utslippene under lossing og utslippene under distribusjonskjøringen fra havn til varelager, hvor det hovedsakelig foregår i et storbyområde hvor mange eksponeres for luftforurensing.

6.5.2 Sjøcase: Rotterdam-Bergen

Som i forrige eksempel tar vi utgangspunkt i en 40-fots container med 13.8 tonn last. Samme lastvekten er på semitraileren som alternativt kjører fra Rotterdam, tar ferge fra Hirtshals til Larvik og kjører fra Larvik til Flesland i Bergen. Denne semitraileren er i størrelseskategorien 28-40 tonn. Det er samme størrelseskategorien som forutsettes for lastebilen som tar imot containeren etter at den er losset fra skipet til Bergen havn, og så kjører containeren til Flesland.

Tabellen under viser utslipp og utslippskostnader på norsk jord og i norske farvann for transport med skip.

Tabell 6.24: Utslipp og utslippskostnader med skip, lossing og distribusjon med lastebil for eksempelet Rotterdam-Bergen.

Skip	Kilometer	Utslipp CO ₂	Utslipp NO _x	Utslipp PM ₁₀	Utslipp SO ₂	Utslipp PM ₁₀ , annet, kg	Lastvekt	Kostnad	Kostnad for gjennom- snittstonnet
Spredt bebyggelse	456,6	49 818	825	8	72			43 867	8,79
Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0	0	0	0	0			0	0,00
Tettsted (>100 000 innb.)	3	327	5	0	0			2 490	0,50
SUM	459,6	50 146	830	8	72		4940	46 357	9,38
Lossing i Bergen		8,70	0,17	0,00	0,01	0	13,8	80,62	5,84
Distribusjon med lastebil									
Spredt bebyggelse	7,6	7	0,02	0,00	0,00	0,00		4,04	0,29
Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
Tettsted (>100 000 innb.)	9,1	9	0,04	0,00	0,00	0,00		35,06	2,54
SUM	16,7	15,9	0,1	0,0	0,0	0,0	13,8	39,10	2,83
SUM alle ledd									18,06

Tabellen under viser tilsvarende om transporten hadde blitt gjort dør-til-dør med lastebil.

Tabell 6.25: Utslipp og utslippskostnader for dør-til-dør med lastebil for eksempelet Rotterdam-Bergen.

	Kilometer	Utslipp CO ₂	Utslipp NO _x	Utslipp PM ₁₀	Utslipp SO ₂	Utslipp PM ₁₀ , annet, kg	Lastvekt	Kostnad	Kostnad for gjennom- snittstonnet
Spredd bebyggelse	414	378	1,2	0,02	0,00	0,09		219,90	15,93
Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	13,5	13	0,1	0,00	0,00	0,00		14,05	1,02
Tettsted (>100 000 innb.)	8,4	8	0,0	0,00	0,00	0,00		32,37	2,35
SUM	435,9	399,0	1,2	0,0	0,0	0,1	13,8	266,32	19,30
Ro-Ro ferge									
Spredd bebyggelse	81,6	6 461	116	1	12	0		5 889	2,66
Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	3	238	4	0	0	0		514	0,23
Tettsted (>100 000 innb.)	0	0	0	0	0	0		0	0,00
SUM		6 699	120	1	12		2210	6 403	2,90
Sum alle ledd									22,20

I dette eksempelet er kostnaden for gjennomsnittstonnet 4.14 kr lavere for frakt med skip framfor dør-til-dør transport med lastebil.

6.5.3 Banecase: Oslo-Trondheim

Togtransporten fra Alnabru til Brattøra gjøres med elektrisk tog, så utslippene fra denne strekningen anslås til null. Det marginale gjennomsnittstonnet forutsettes transportert på en semitrailer. Gjennomsnittlig bruttovekt på semitrailer er forutsatt til 23.7 tonn, som er gjennomsnittlige vekt for årene 2015-2017 for semitrailere transportert med jernbane nasjonalt ([SSB Statistikkbanken](#)). Med en egenvekt for semitraileren på 9 tonn, forutsettes lastvekten å være 14.7 tonn. Samme forutsetning om lastvekt forutsettes om semitrailer som kjøres med trekkvogn fra Alnabru og direkte til varelager på Heimdal. Lastebilen forutsettes å være i størrelsesklassen 40-50 tonn. Lastebilen som plukker om semitraileren på Brattøra og kjører distribusjon til Heimdal forutsettes å være i størrelsesklassen 28-40 tonn. Tabellen under viser utslipp og utslippskostnader på norsk jord for transport med godstog.

Tabell 6.26: Utslipp og utslippskostnader med tog og distribusjon med lastebil for eksempelet Oslo-Trondheim.

Tog	Kilometer	Utslipp CO ₂ , kg	Utslipp NO _x , kg	Utslipp PM ₁₀ , eksos, kg	Utslipp SO ₂ , kg	Utslipp PM ₁₀ , annet, kg	Lastvekt	Kostnad	Kostnad for gjennomsnitts- tonnet
Spredd bebyggelse									
Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)									
Tettsted (>100 000 innb.)									
SUM	546							0	0
Distribusjon med lastebil									
Spredd bebyggelse	5,6	5,11	0,02	0,00	0,00	0,00		2,97	0,20
Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
Tettsted (>100 000 innb.)	8,2	8,04	0,03	0,00	0,00	0,00		31,60	2,15
SUM	13,8	13,15	0,05	0,00	0,00	0,00	14,7	34,57	2,35
SUM alle ledd	559,8								2,35

Tabellen under viser tilsvarende om transporten hadde blitt gjort dør-til-dør med lastebil.

Tabell 6.27: Utslipp og utslippskostnader for dør-til-dør med lastebil for eksempelet Oslo-Trondheim.

	Kilometer	Utslipp CO ₂ , kg	Utslipp NO _x , kg	Utslipp PM ₁₀ , eksos, kg	Utslipp SO ₂ , kg	Utslipp PM ₁₀ , annet, kg	Lastvekt	Kostnad	Kostnad for gjennomsnittstonnet
Spredd bebyggelse	469,7	459,32	1,33	0,02	0,00	0,10		265,73	18,08
Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
Tettsted (>100 000 innb.)	9,5	10,08	0,04	0,00	0,00	0,00		37,75	2,57
SUM	479,2	469,41	1,37	0,02	0,00	0,10	14,7	303,48	20,65

I dette eksempelet er kostnaden for gjennomsnittstonnet 18.29 kr lavere for frakt med tog framfor dør-til-dør transport med lastebil.

6.5.4 Banecase: Oslo-Bergen

Dette eksemplet benytter seg av samme forutsetninger som det forrige med tanke på lastvekt på semitrailer, og størrelseskategorier for lastebilene for langtransporten og distribusjonstransporten. Utslipp fra elektrisk tog forutsettes å være null.

Tabellen under viser utslipp og utslippskostnader på norsk jord for transport med godstog.

Tabell 6.28: Utslipp og utslippskostnader med tog og distribusjon med lastebil for eksempelet Oslo-Bergen.

Tog	Kilometer	Utslipp CO ₂ , kg	Utslipp NO _x , kg	Utslipp PM ₁₀ , eksos, kg	Utslipp SO ₂ , kg	Utslipp PM ₁₀ , annet, kg	Lastvekt	Kostnad	Kostnad for gjennomsnittstonnet
Spredd bebyggelse									
Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)									
Tettsted (>100 000 innb.)									
SUM	459							0	0
Distribusjon med lastebil									
Spredd bebyggelse	9,8	8,94	0,03	0,00	0,00	0,00		5,21	0,35
Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
Tettsted (>100 000 innb.)	7,8	7,65	0,03	0,00	0,00	0,00		30,05	2,04
SUM	17,6	16,58	0,06	0,00	0,00	0,00	14,7	35,26	2,40
SUM alle ledd	476,6								2,40

Tabellen under viser tilsvarende om transporten hadde blitt gjort dør-til-dør med lastebil.

Tabell 6.29: Utslipp og utslippskostnader for dør-til-dør med lastebil for eksempelet Oslo-Bergen.

	Kilometer	Utslipp CO ₂ , kg	Utslipp NO _x , kg	Utslipp PM ₁₀ , eksos, kg	Utslipp SO ₂ , kg	Utslipp PM ₁₀ , annet, kg	Lastvekt	Kostnad	Kostnad for gjennomsnittstonnet
Spredd bebyggelse	435,5	425,88	1,24	0,02	0,00	0,09		246,38	16,76
Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,5	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00		0,55	0,04
Tettsted (>100 000 innb.)	37,2	39,49	0,15	0,00	0,00	0,01		147,83	10,06
SUM	473,2	465,90	1,39	0,02	0,00	0,10	14,7	394,77	26,85

I dette eksempelet er kostnaden for gjennomsnittstonnet 24.46 kr lavere for frakt med tog framfor dør-til-dør transport med lastebil.

Referanser, Del 2 - Utslipp til luft

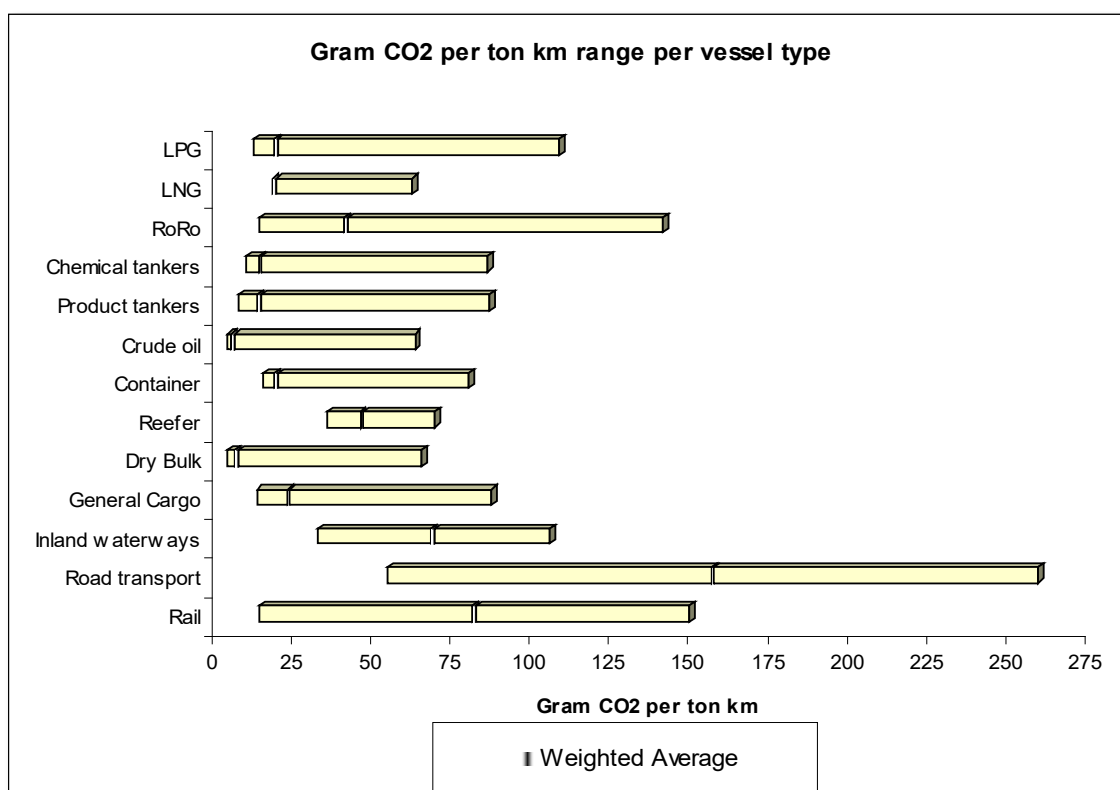
- Direktoratet for Økonomistyring. (2018). *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser*. Oslo Retrieved from <https://dfo.no/filer/Fagomr%C3%A5der/Utreddinger/Veileder-i-samfunnsokonomiske-analyser.pdf>.
- Edwards, R., Larivé, J., Rickeard, D., & Weindorf, W. (2014). Well-to-Wheels Analysis of the Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context—Summary of Energy and GHG Balance of Individual Pathways: European Commission, Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport.
- Etatsgruppen Klimakur 2020. (2009). Vurdering av framtidige kvotepriser. *TA-2546/2009*.
- Finansdepartementet. (2014). *Rundskriv R-109/14: Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser mv*. Oslo Retrieved from https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fin/vedlegg/okstyring/rundskriv/faste/r_109_2014.pdf.
- Førsund, F., & Strøm, S. (2000). Miljø-økonomi (4. utg. ed.). *Oslo: Gyldendal akademisk*.
- Grønland, S. E. (2018). Kostnadsmodeller for transport og logistikk – basisår 2016. *TØI-rapport, 1638/2018*.
- Holmgren, N., & Fedoryshyn, N. (2015). *Utslipp fra veitrafikk i Norge. Dokumentasjon av beregningsmetoder, data og resultater (Emissions from road traffic in Norway-Method for estimation, input data and emission estimates)*. Retrieved from <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/attachment/225115?ts=14ce05a5658>
- Huppmann, D., Kriegler, E., Krey, V., Riahi, K., Rogelj, J., Rose, S. K., . . . Zhang, R. (2018). IAMC 1.5°C Scenario Explorer and Data hosted by IIASA (Publication no. 10.22022/SR15/08-2018.15429). from Integrated Assessment Modeling Consortium & International Institute for Applied Systems Analysis <https://data.ene.iiasa.ac.at/iamc-sr15-explorer>
- Ibenholt, K., Magnussen, K., Navrud, S., & Skjelvik, J. M. (2015). *Marginale eksterne kostnader ved enkelte miljøpåvirkninger*. Retrieved from <https://www.regjeringen.no/contentassets/ea2de2ab99474b96b9fe163e0eb7a5a5/va-rapport2015-19.pdf>
- IPCC. (2018). *Global Warming of 1.5 °C*. Retrieved from <http://www.ipcc.ch/report/sr15/>
- Magnussen, K., Ibenholt, K., Skjelvik, J. M., Lindhjem, H., Pedersen, S., & Dyb, V. A. (2015). *Marginale eksterne kostnader ved transport av gods på sjø og bane*. Retrieved from Oslo:
- Magnussen, K., Navrud, S., & San Martin, O. (2010). Den norske verdsettingsstudien: Verdsetting av tid, sikkerhet og miljø i transportsektoren: Luftforurensning. *TØI-rapport, 1053d/2010*.
- Miljødirektoratet, Sjøfartsdirektoratet, Oljedirektoratet, Fiskeridirektoratet, Statens vegvesen, & NOx-fondet. (2014). *Tiltaksanalyse NOx 2014* Retrieved from Oslo: <http://www.miljodirektoratet.no/no/Publikasjoner/2014/Oktober-2014/Tiltaksanalyse-NOx-2014/>
- NOU 2012:16. (2012). *Samfunnsøkonomiske analyser*. Oslo: Departementenes servicesenter.
- NOU 2015:15. (2016). *Sett pris på miljøet - Rapport fra grønn skattekommisjon [Put a price on the environment - Report from the green tax commission]*. Oslo: Departementenes sikkerhets- og serviceorganisasjon.

- Pindyck, R. S. (2017). Coase Lecture—Taxes, Targets and the Social Cost of Carbon. *Economica*, 84(335), 345-364.
- Rosendahl, K. E. (2000). *Helseeffekter og samfunnsøkonomiske kostnader av luftforurensning. Luftforurensninger-effekter og verdier (LEVE)*. Retrieved from
- Rødseth, K. L., Wangsness, P. B., & Klæboe, R. (2017). *Marginale eksterne kostnader ved havnedrift*. Retrieved from <https://www.toi.no/publikasjoner/marginale-eksterne-kostnader-ved-havnedrift-article34564-8.html>
- SFT. (2005). *Marginale miljøkostnader ved luftforurensning - Skadekostnader og tiltakskostnader*. Retrieved from Oslo: <http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/luft/2100/ta2100.pdf>
- Thune-Larsen, H., Veisten, K., Rødseth, K. L., & Klæboe, R. (2014). *Marginale eksterne kostnader ved vegtrafikk med korrigerte ulykkeskostnader (1307/2014)*. Retrieved from Oslo: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=38978>
- Weber, C., & Amundsen, A. H. (2016). *Fornybare drivstoffer—Fornybar diesel: HVO*. Retrieved from <https://www.toi.no/publikasjoner/fornybare-drivstoffer-fornybar-diesel-hvo-article33837-8.html>
- WHO. (2013). Health risks of air pollution in Europe—HRAPIE project recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. *World Health Organization Report*.

Vedlegg 1, Del 2 - Utslipp til luft_sjøtransport

Introduksjon

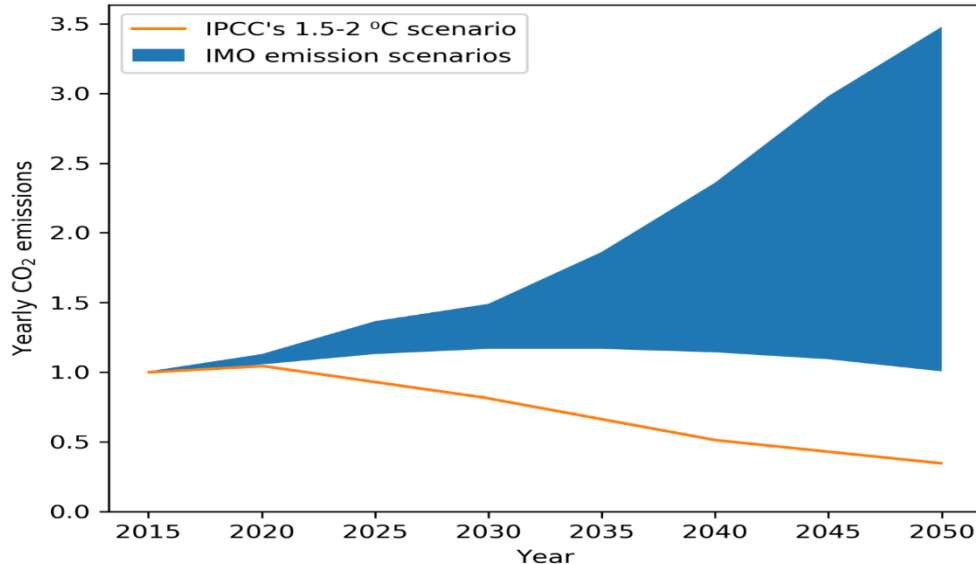
Maritime transport står for cirka 3% av verdens CO₂ utslipp, med rund 1 milliard tonn CO₂ i 2018. Utslippsfaktor varierer med skipstype, størrelse, hastighet, osv. Figur V1.D2.1 oppsummerer CO₂ utslipp faktorer per skipstype (ulike skipsstørrelser), i tillegg til bane og vei transport.



Figur V1.D2.1: Gram CO₂ utslipp per tonn km for ulike skipstyper samt vei og jernbane transport, laveste verdi, veid gjennomsnitt og høyeste verdi (Kilde: Lindstad & Mørkve 2009).

Fra 1970 og frem til i dag har maritime transport hatt en årlig vekst på 3% målt transportarbeid, og en årlig forbedring i energieffektivitet på 1% (Lindstad et al 2018). IMO sin tredje GHG studie (Smith et al 2014) utviklet 16 ulike utslipps scenarier for tiden frem til 2050 med ulike kombinasjoner av teknologit utvikling og vekst i verdenshandelen. Deres scenarier indikerte at i beste fall vil 2050 utslippene stabilisere seg på dagens nivå, og i verste fall vil de øke med opptil 250%. Figur V1.D2.2 kombinerer shipping utslipps scenarier fra IMOs 3rd GHG Studie (Smith et al., 2014) og IPCC sitt utslippsreduksjons-scenarier (IPCC 2013) for å nå 2-gradsmålet. IMO besluttet i april 2018 at maritim transport skal ta sin andel av utslipps reduksjonen og at de totale utslippene fra sjøtransport skal reduseres med 50% i forhold til 2008 som er det året hvor de nådde toppen. Hvis økningen

i verdenshandelen fortsetter slik som fra 1970 vil det bety at utslippene må reduseres fra rundt 16 gram per tonn nautisk mil i 2012 til mindre enn 4 gram CO₂ i 2050, dvs. rundt 2 gram CO₂ per tonn km.



Figur V1.D2.2: Scenarioer for Global CO₂ utslipp fra maritime transport opp til 2050 (Basert på Smith et al. (2014) og IPCC (2013)).

Historisk utvikling i CO₂ utslipp fra skip

Tabell V1.D2.1 viser nøkkeltall for utviklingen av verdensflåten fra 2007 – 2012 basert på IMO sin tredje GHG Studie (Smith et al. 2014) per skipstype inkludert design hastighet (90- 95% prosent av maks hastighet).

Tabell V1.D2.1: Nøkkeltall for utviklingen av verdensflåten fra 2007 – 2012 basert på IMO sin tredje GHG studie.

Vessel type	Average vessel size in dwt		Freight work		Market share of freight work		DWT Capacity increase at equal speeds 2007-2012	Emission change due to reduced sea speeds	Emission change due to EOS	Emission Change due to change of fleet mix	CO ₂ - per ton nm		Change in CO ₂ per ton nm 2007 - 2012	Change in CO ₂ if operated at design speed 2007 - 2012
	2007	2012	2007	2012	2007	2012					2007	2012		
	ton		Billion ton nm								Gram/ton nm			
Dry Bulk	52 500	68 600	16 000	20 000	39.0%	41.7%	81%	-12%	-8.5%		10.4	8.4	-19%	1%
General Cargo	4 600	5 300	2 400	2 300	5.9%	4.8%	2%	-14%	-4.6%		36.5	30.0	-18%	2%
Container	34 200	41 600	7 500	9 000	18.3%	18.8%	42%	-20%	-6.3%		30.5	23.0	-25%	3%
Reefer	5 400	5 700	250	225	0.6%	0.5%	-6%	-32%	-1.8%		121.2	80.4	-34%	-2%
RoRo	7 200	7 600	500	550	1.2%	1.1%	13%	0%	-1.8%		101.6	99.8	-2%	-2%
OilTanker-mainly crude >80' dwt	176 500	183 500	9 500	10 000	23.2%	20.8%	32%	-26%	-1.3%		10.9	8.0	-27%	1%
OilTankers-mainly product < 80'dwt	9 800	13 300	1 700	2 000	4.1%	4.2%	36%	-21%	-9.7%		31.4	22.3	-29%	-9% (1)
Chemicals	15 800	18 000	1 900	2 300	4.6%	4.8%	45%	-15%	-4.2%		30.0	24.3	-19%	-1%
LNG & LPG	22 800	27 600	1 100	1 500	2.7%	3.1%	43%	-3%	-6.2%		36.6	33.4	-9%	3%
RoPax	1 400	1 600	150	125	0.4%	0.3%	18%	-40%	-4.3%		439.2	252.8	-42%	-18% (2)
Totals Cargo Vessel	22 500	30 800	41 000	48 000	100%	100%	50%	-16%	-5.5%	-4.5%	20.7	16.2	-25%	

(1) 35% increase in size (2) 25% decrease of average speed

Tabellen viser, per skipstype for perioden fra 2007-2012 utvikling skipstørrelser for alle skip som frakter gods endring is fraktarbeid, andel av det globale fraktarbeidet, samt endring i utslipp per tonn nautisk mil. Hoved- endringene er som følger: transportarbeidet har økt med 18% fra 41 000 til 48 000 milliarder tonn nm; lastekapasitet i dwt har økt med 50% og det total CO₂ utslipp per ton mil har blitt redusert med 20-25%. Utslippsreduksjonen per ton mil kan forklares med:

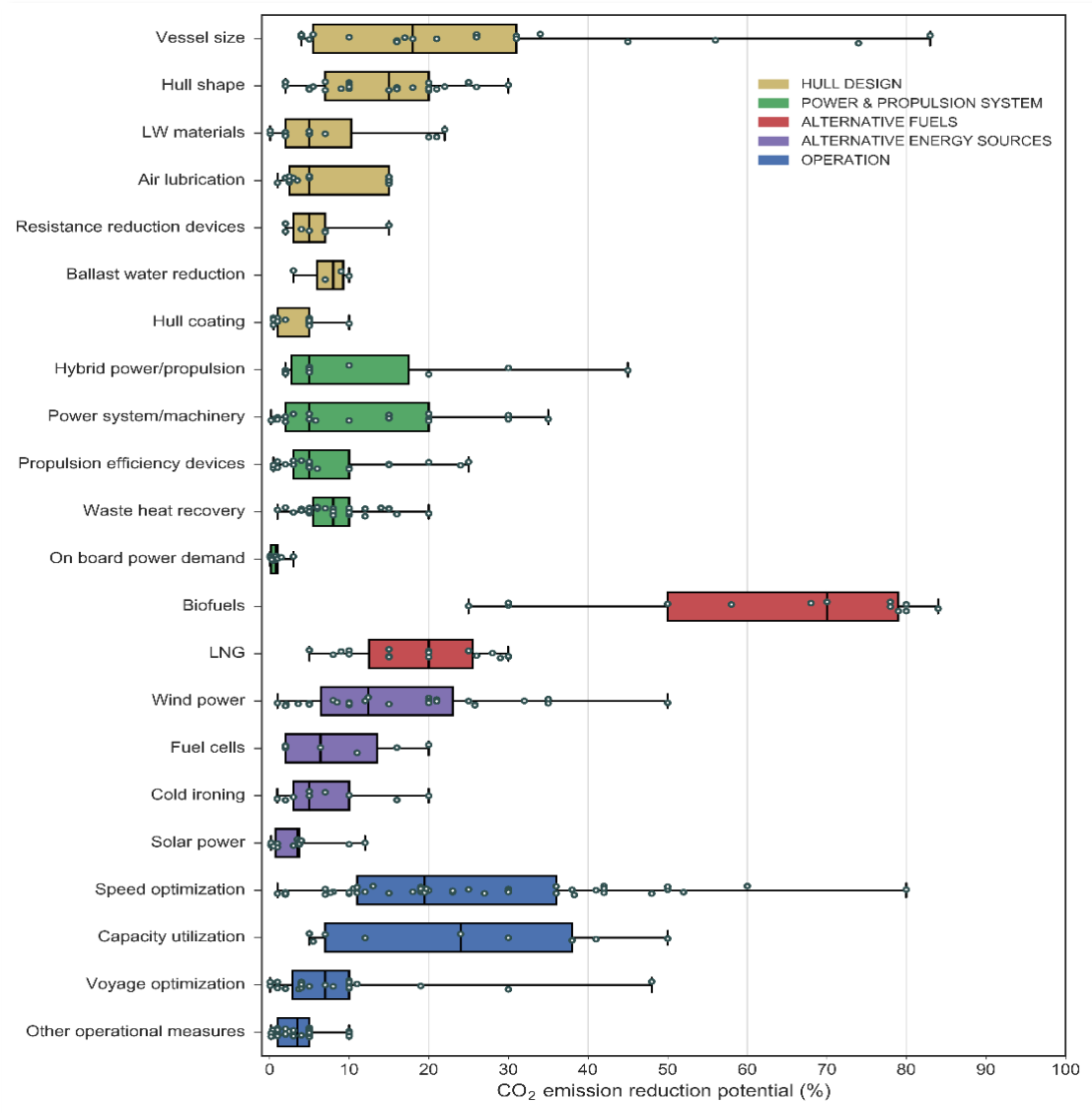
- økning i skipsstørrelse har gitt en storskalabesparelse som har bidratt til en 5.5% - reduksjon i CO₂ utslipp per tonn nautisk mil;
- Endring i flåtesammensetning og størrelse (Tørrbulk (Dry bulk) har økt sin andel av flåten og da dry bulk skip har en relativt høy død vekt) har dette bidratt til en ytterligere 4.5%-reduksjon i CO₂ utslipp per tonn nautisk mil;
- Reduksjon i gjennomsnittlig skips hastighet har bidratt til en 16%-reduksjon i CO₂ utslipp per ton nautisk mil.

Tiltak for utslippsreduksjon fra skip

Skip utslippsreducerende tiltak er vanligvis fordelt i to kategorier: tekniske og operasjonelle tiltak (Psaraftis, 2016). Tekniske tiltak innebærer energieffektiv design, forbedring i propulsjon og energisystem, og alternative og renere drivstoff. Noen tekniske tiltak kan implementeres på eksisterende skip (retrofit) mens andre egnes kun for nybygg. Operasjonelle tiltak sikter på reduksjon av utslipp knyttet til operasjon og kobles til hvordan skipet er anvendt. Disse tiltakene egnes både for eksisterende og nye fartøy.

Bouman et al 2017 lister opp 22 typer tiltak og deres potensielle effekt på utslippsreduksjon, hvor pålitelig og sammenlignbar data er tilgjengelig i litteraturen basert på rundt 150 vitenskapelige studier publisert i hovedsak i internasjonale tidsskrift med fagfelle vurdering. Disse er presentert i Figur V1.D2.2, som indikerer potensiell utslipps reduksjon for hver av de 22 tiltakene. For hver av de 22 tiltakene viser en liten sirkel hver enkelt studies estimat, det hele fargede området viser de studier som ligger mellom nedre kvartil og øvre kvartil og tvers over streken viser median studiens estimat. De 22 tiltakene er fordelt på 5 hovedkategorier: *skrogform og skipdesign, energisystem, alternative drivstoff, alternative energikilder, operationelle tiltak*. Figur V1.D2.3: CO₂ utslipp reduksjons potensial basert (Kilde Bouman et al 2017. viser stor spredning i reduksjonspotensial estimert av ulike studier, noe som indikerer stor usikkerhet i estimering av reduksjonspotensial fra ulike tiltak, samt at effekt av ulike tiltak er svært avhengig av skipstype, størrelse, utnyttelsesgrad, operasjonsprofil, avstand, hastighet osv. For å kunne oppnå vesentlig utslippsreduksjoner, må teknologier og tiltak vurderes i kombinasjoner.

Utslippsreduksjons tiltak i shipping sektoren



Figur V1.D2.3: CO₂ utslipp reduskjons potensiale basert (Kilde Bouman et al 2017).

Bruk av utslippsreduksjons teknologier og tiltak i shipping sektoren varierer. Mens alle de 22 tiltak som er presentert i Figur V1.D2.3 er i bruk i dag, er noen av dem mer forankret på tvers av den globale flåten.

Operasjonelle tiltak (de 4 nederste i Figur V1.D2.3) kan brukes for både nye og eksisterende skip. Disse strategier er grunnleggende for shipping virksomhet; de påvirker operasjonskostnader og profitt og er dermed tatt i bruk i mest parten av den globale flåten.

De to tiltakene med høyest grad av adopsjon er økt skipstørrelse (stordriftsfordeler) og reduksjon i operasjonelle hastighet, som indikert i CO₂ utslippsfaktorestimeringer fra Lindstad et al (2015a). Disse har størst påvirkning på reduksjon av drivstofforbruk per transportarbeid og har potensial for ytterligere forbedring i energieffektivitet i global shipping.

For å vurdere hvorvidt disse er brukt i shipping sektoren har vi sett på den globale flåten og dens utvikling de 10 siste årene.

Skipsstørrelse

Det grunnleggende prinsippet for skipsstørrelse er at når lastekapasiteten dobles, energibehov øker med 2/3 del, og drivstoff forbruk per transport enhet senker. Skips bygge kostnader øker med cirka 50%, og det same gjelder for operasjonelle kostnader (management, crew, vedlikehold osv.).

Tabell V1.D2.2 (Lindstad et al. 2015a) viser hvordan skipstørrelsen til den globale flåten i snitt har økt fra 22 500dwt i 2007 til 31 500 dwt i 2015. Datagrunnlaget er hentet fra IHS Markit (www.ih.com) og ISL (ISL 2014).

Hastighet

Relasjonen mellom energibehovet for skipspropulsjon og skipets hastighet øker med hastigheten i tredje potens. Reduksjon i hastighet har derfor store påvirkning på drivstoff forbruk per transport enhet (Corbett et al. 2009; Psaraftis and Kontovas 2010, 2013; Lindstad et al. 2011). Tabell V1.D2.3 viser utviklingen i snitt skipsstørrelse, design og operasjonell størrelse per skipstype mellom 2007 og 2012 (Smith et al. 2014; Lindstad et al. 2015a). Mens design speed har økt fra 14.1 til 14.6 knopp, har operasjonell hastighet gått ned fra 12 til 11.9 knopp.

Tabell V1.D2.2: Økning i fartøys størrelse fra 2007 – 2015.

Vessel type	Average vessel size (dwt)			Change
	2007	2012	2015	
Dry Bulk	52 500	68 600	69 300	32%
General Cargo	4 600	5 300	6 200	35%
Container	34 200	41 600	44 300	30%
Reefer	5 400	5 700	6 000	11%
RoRo&Vehicle	7 200	7 600	8 900	24%
Crude oil tank	178 700	183 500	185 800	4%
Product tank	9 800	10 700	10 700	9%
Chemical tank	15 800	18 000	19 000	20%
LNG&LPG	22 800	27 600	29 000	27%
RoPax	1 400	1 600	1 800	29%
Average	22 500	30 800	31 500	40%

Tabell V1.D2.3: Design and operasjonell hastighet 2007 – 2012.

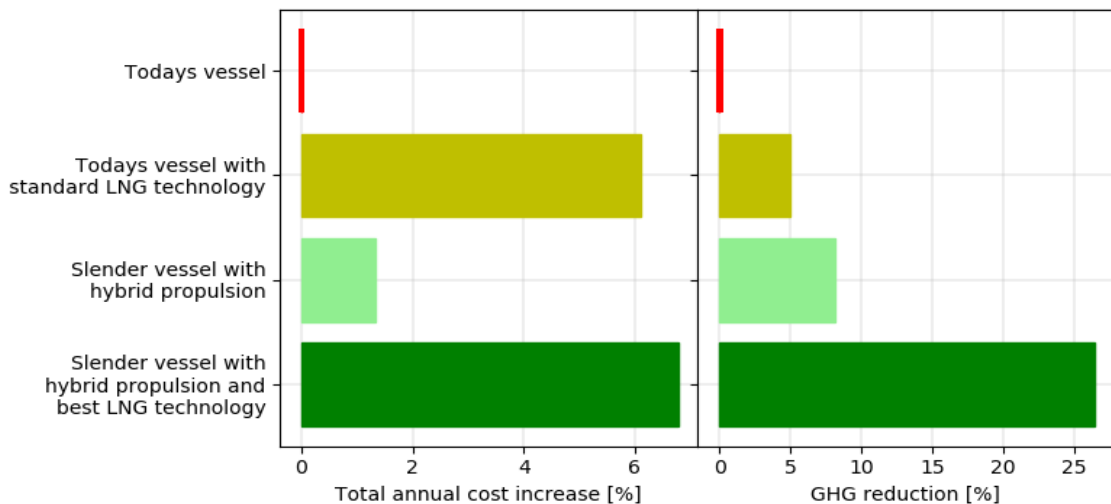
Vessel type	Average vessel size (dwt)		Design speed		Operational speed	
	2007	2012	2007	2012	2007	2012
Dry Bulk	52 500	68 600	14.1	14.8	12.2	11.5
General Cargo	4 600	5 300	12.1	12.5	10.0	9.3
Container	34 200	41 600	20.3	21.3	16.3	14.6
Reefer	5 400	5 700	16.2	16.2	16.2	13.4
RoRo&Vehicle	7 200	7 600	16.3	16.3	15.0	15.0
Crude oil tank	178 700	183 500	15.5	15.7	13.8	11.9
Product tank	9 800	10 700	12.3	12.4	10.6	9.4
Chemical tank	15 800	18 000	13.4	13.6	12.1	11.1
LNG&LPG	22 800	27 600	14.9	15.6	13.1	12.9
RoPax	1 400	1 600	17.9	16.6	13.8	10.7
Average	22 500	30 800	14.1	14.6	12.0	11.1

Påvirkning fra lovverk: the case of EEDI

Utslipp fra skip er regulert under ulike lovverk og styrt av ulike formål. Mens reduksjon i NOx og SOx sikter på å redusere skader på helse og økosystem, er det klimapåvirkning som styrer krav til CO₂ utslippsreduksjon. En ulempe er at potensielle negative påvirkning på tvers av ulike type utslipp ignoreres i utvikling av lovverk.

For eksempel nåværende krav til NOx og SOx reduksjon med dagens eksisterende teknologiløsninger, gir generelt en økning i drivstofforbruk og dermed CO₂ (Lindstad et al., 2015b; Lindstad et al., 2017).

Kontroll av CO₂ utslipp er først og fremst regulert gjennom krav til energi effektivisering og Energy Efficiency Design Index (EEDI). En vesentlig ulempe med EEDI er at verifikasjonsprosessen gjenspeiler ikke realiteten. Den baserer seg på teoretiske vilkår (stille sjø, design hastighet og full utnyttelse av laste-kapasiteten), og ikke virkelige sjø-forhold med bølger og vind. Det representerer en høy risiko for at reduksjonstiltak som oppfyller EEDI krav kan vise en motsatt effekt i virkeligheten. Lindstad and Bø (2018) har studert effekten av ulike reduksjonstiltak under EEDI krav og påvist gjennom case studier at den reelle utslippsreduksjon under EEDI er oftest lavere enn estimert, se Figur V1.D2.4.



Figur V1.D2.4: Kostnadsøkning og reduksjon av CO₂ utslipp for ulike tiltak i forhold til dagens fartøy, hvor alle oppfyller EEDI kravet om 30% reduksjon i 2025 slik dette i dag testes (Kilde Lindstad og Bø (2018)).

Vi observerer fra figuren at et 30 % strengere krav til utslipp når EEDI testen gir 5 – 27% reduksjon i utslipp for tiltak som alle oppfyller EEDI kravet. Videre at de tiltaket som gir lavest økning i total kostnad og da sannsynligvis blir valgt av de fleste gir rundt 8 % utslippsreduksjon.

Referanser

- Bouman, E., A., Lindstad, E., Rialland, A. I., Strømman, A., H., 2017 State-of-the-Art technologies, measures, and potential for reducing GHG emissions from shipping - A Review. *Transportation Research Part D* 52 (2017) 408 – 421
- Buhaug, Ø.; Corbett, J.J.; Endresen, Ø.; Eyring, V.; Faber, J.; Hanayama, S.; Lee, D.S.; Lee, D.; Lindstad, H.; Markowska, A.Z.; Mjelde, A.; Nelissen, D.; Nilsen, J.; Pålsson, C.; Winebrake, J.J.; Wu, W.-Q.; Yoshida, K., 2009. Second IMO GHG study 2009. International Maritime Organization, London, UK, April.
- Corbett, J. J. Wang, H, Winebrake, J, J. 2009. The effectiveness and cost of speed reductions on emissions from international shipping. *Transportation Research D*, 14, 593-598.
- IPCC 2013. Fifth assessment report of the Intergovernmental panel on climate change
www.ipcc.ch
- ISL 2014, Vessel fleet database and New-buildings up to 2017
- Lindstad, E. Bø, T. Eskeland G., S., 2018 *Reducing GHG emissions in shipping – measures and options* . In Kujala, P. and Lu, L. page 923-930 MARINE DESIGN XIII, ISBN: 978-1-138-54187-0. Taylor & Francis.
- LINDSTAD, E. & Bø, T. I. 2018. Potential power setups, fuels and hull designs capable of satisfying future EEDI requirements. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 63, 276-290.
- Lindstad H. E, Rehn C., F., Eskeland, G., S. 2017 Sulphur Abatement Globally in Maritime Shipping *Transportation Research Part D* 57 (2017) 303-313
- Lindstad, H., Verbeek, R., Blok, M., Zyl. S., Hübscher, A., Kramer, H., Purwanto, J., Ivanova, O. 2015a. GHG emission reduction potential of EU-related maritime transport and on its impacts. European Commission: CLIMA.B.3/ETU/2013/0015, TNO 2014 R11601
- Lindstad, H., E. Eskeland. G., Psaraftis, H., Sandaas, I., Strømman, A., H., 2015b. Maritime Shipping and Emissions: A three-layered, damage-based approach. *Ocean Engineering*, 110 (2015) 94–101
- Lindstad, H., Mørkve, O.T., 2009. A methodology to assess the energy efficiency and the environmental performance of maritime logistics chains. In: Conference proceedings of the 10th International Marine Design Conference, Trondheim, May 26–29 2009. IMDC09&Tapir Academic Press. ISBN 978-82-519-2438-2.
- Lindstad, H. 2013. Strategies and measures for reducing maritime CO₂ emissions, Doctoral thesis PhD. Norwegian University of Science and Technology – Department of Marine Technology. ISBN 978-82-461- 4516-6 (printed)
- Lindstad, H. Asbjørnslett, B., E., Strømman, A., H., 2011. Reductions in greenhouse gas emissions and cost by shipping at lower speed. *Energy Policy* 39: 3456-3464
- Psaraftis, H.N., 2016. Green Maritime Transportation: Market-based Measures, In: Psaraftis, H.N. (Ed.), *Green Transportation Logistics*. Springer International Publishing, pp. 267-297.
- Psaraftis, H, N. Kontovas, C, A. 2013. Speed model for energy-efficient maritime transportation: a taxonomy and survey. *Transp. Res. Part C*, 26 (2013), pp. 331–351
- Psaraftis, H, N. Kontovas, C, A. 2010. Balancing the economic and environmental performance of maritime transport. *Transportation Research Part D* 15 (2010). Page 458-462.
- Silverleaf, A., Dawson, J., 1966. *Hydrodynamic design of merchant ships for high speed operation*. Summer meeting in Germany 12th – 16th of June, 1966. The Schiffbau-technische Geschaft E.V, The institute of engineers
- Smith et al. (2014) The Third IMO GHG Study. www.imo.org
- UNCTAD 2014. Review of Maritime Transport 2014.

Vedlegg 2, Del 2 - Lokalt forurensende utslipp fra veitrafikk 2015-2050

V2.1 Innledning

I forbindelse med prosjekt 4645 'Beregning av marginale eksterne kostnader for godstransport' (GODSKOST) trengs framskrivninger av kjøretøyparkens lokalt forurensende utslipp til luft, konkret nitrogenoksider (NO_x), avgasspartikler (PM₁₀) og svoveldioksid (SO₂). Med sikte på slike framskrivninger er regnearkmodellen BIG-5.2 utvidet, slik at en hvert år får fram utslippet av hver av de tre komponentene, fordelt på kjøretøytyper. Forutsetninger og resultater framgår av dette dokumentet.

V2.2 Utslippsrater 2016

Den velkjente Handbook of Emission Factors for Road Transport (HBEFA) gir informasjon om utslipp i form av gram per kilometer for alle hovedkategorier av veikjøretøy – personbiler, varebiler, tunge godsbiler og motorsykler – med underkategorier. HBEFA er en Microsoft Access-databaseapplikasjon opprettet av Umweltbundesamt (Miljødirektoratet) i Tyskland i 1995. Databasen er blitt videreutviklet med støtte fra Tyskland, Sveits, Østerrike, Norge, Sverige og Frankrike (og gir informasjon om utslippsfaktorer spesifikt for disse landene) og European Research Center of the European Commission. For mer informasjon om HBEFA, se www.hbefa.net.

Statistisk sentralbyrå (SSB) bruker HBEFA til beregninger i utslippsregnskapet for veitransport for bl. a. utslippene NO_x og PM₁₀, men ikke CO₂ og SO₂, siden de der baserer seg på drivstoffsalg (Holmgren & Fedoryshyn 2015). I dette prosjektet har vi mottatt HBEFA-underlaget som SSB bruker, med deres anvendte utslippsfaktorer og trafikkarbeid fordelt på de ulike kjøretøytypene. Med dette underlaget kan vi beregne aggregerte utslippsfaktorer for en håndterlig mengde kjøretøytyper.

Utslippsfaktorene er beheftet med en del usikkerhet, som beskrevet av Holmgren & Fedoryshyn (2015). For veitrafikk, som for andre utslippskilder, er usikkerheten knyttet til både aktivitetsdataene og utslippsfaktorene, og til koplingen mellom dem.

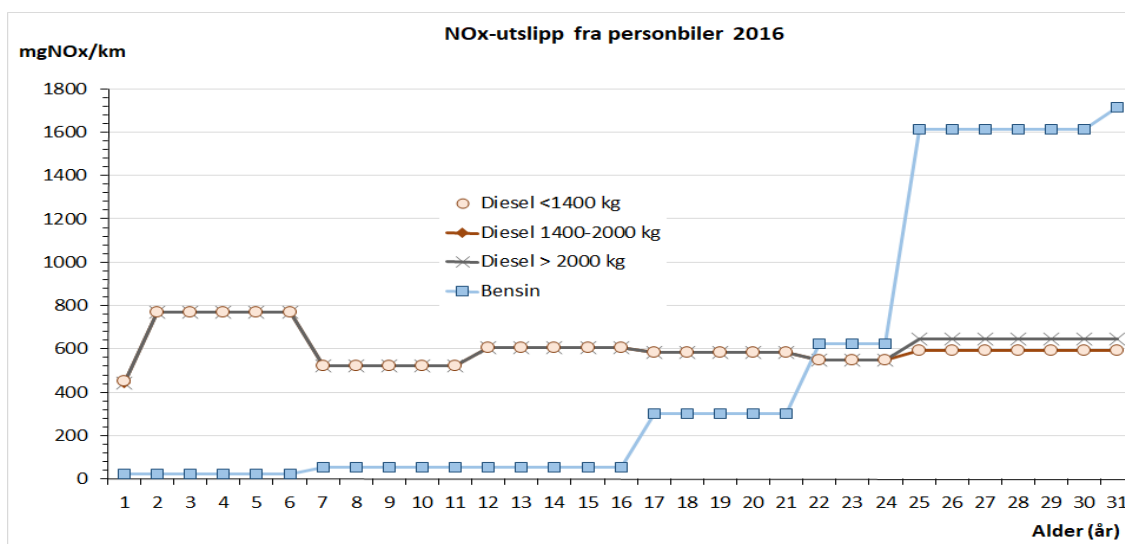
HBEFA gir anslag for trafikkarbeid og aggregert utslipp i de ulike kjøretøygrupper og Euro-klasser. Vi har 'oversatt' dette til utslippsrater i de enkelte årsklasser av kjøretøy i samsvar med når de ulike Euro-reguleringene trådte i kraft.

Inndelingen i HBEFA tilsvare ikke alltid inndelingen i BIG-modellen. I disse tilfellene har vi utvist et visst skjønn, med sikte på en mest mulig representativ gjengivelse av HBEFA-modellens resultater. Det er særlig for bussenes del det er svakt samsvar mellom inndelingene. Kombinerte biler og bobiler er dessuten egne kategorier i BIG, men framkommer ikke i HBEFA. Vi har gjennomgående satt utslippsratene for bobilene, de kombinerte bilene og minibussene (inntil 5 tonn) lik ratene for de tyngste varebilene (over 1760 kg).

V2.2.1 Nitrogenoksider (NO_x)

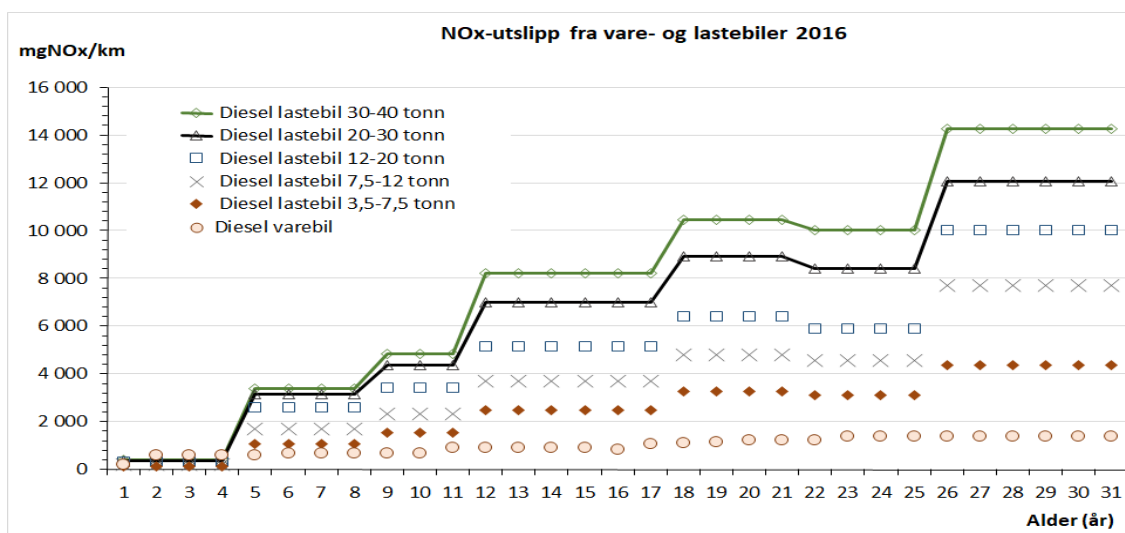
I figurene V2.D2.1 til V2.D2.4 vises utslippsratene for nitrogenoksider, i fire hovedgrupper av kjøretøy. Beregningen er gjort per 2016. Alder '1 år' gjelder kjøretøy som er førstegangsregistrert i 2016. Alder '31 år' er kjøretøy fra 1986 eller tidligere.

Når en skal framskrive kjøretøyparkens utslipp, må en gjøre forutsetninger om utslippsratene for framtidige generasjoner kjøretøy. Vi har med ett unntak gjort den konservative antakelse at ratene ikke endrer seg sammenliknet med 2016-årsklassen.

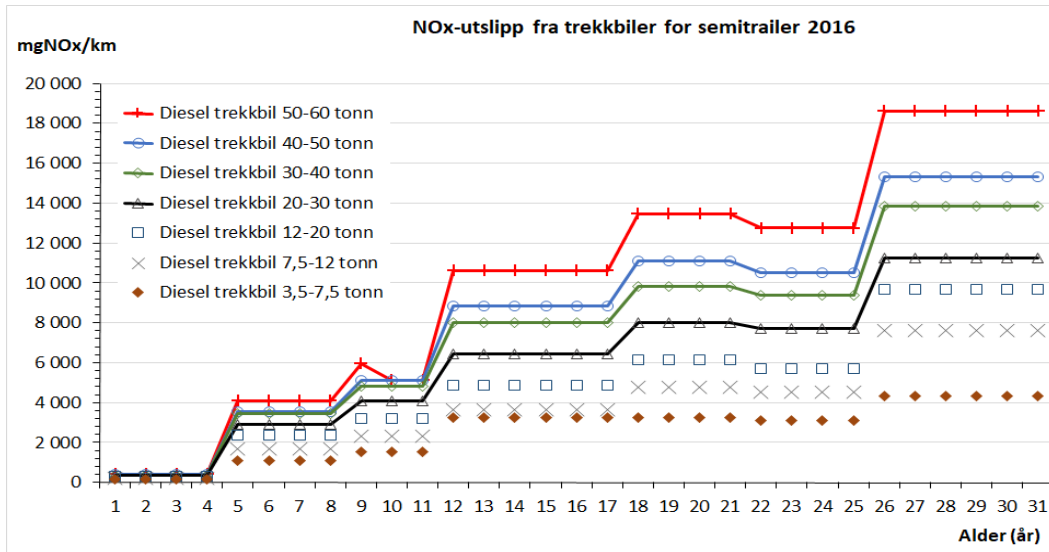


Figur V2.D2.1: NO_x-utslippsrater for personbiler 2016.

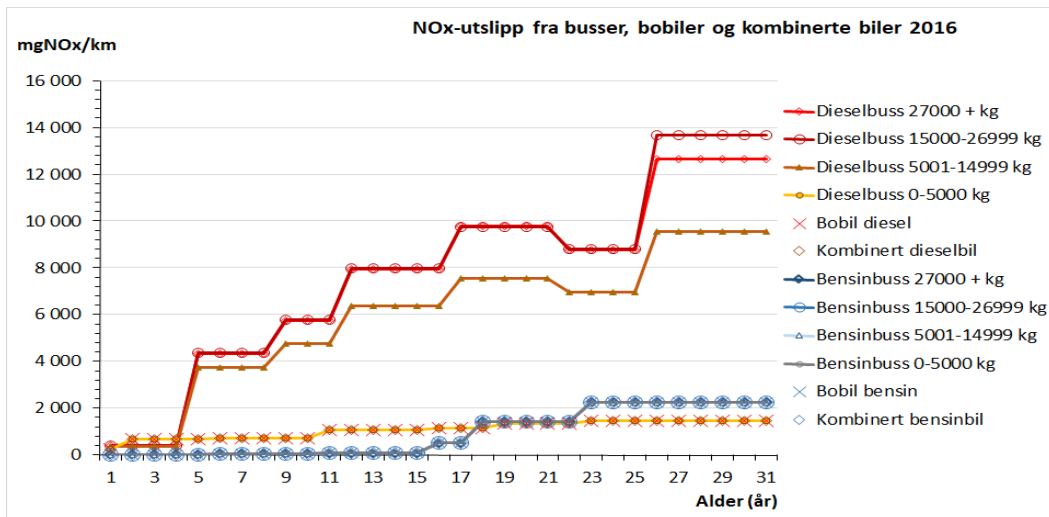
Unntaket gjelder NO_x-utslippet fra dieseldrevne personbiler. Per 2016 er det beregnede, gjennomsnittlige utslippet langt høyere enn tillatt i henhold til Euro 6-reguleringen – faktisk mer enn fem ganger så høyt. Kravet er maks 80 milligram NO_x per km (mgNO_x/km). Vi har forutsatt at utslippet synker med 20 prosent for hver ny årsklasse av dieseldrevne biler i perioden 2017-2024, slik at bilene fra og med 2024 ligger innenfor utslippskravet, med 75 mgNO_x/km. Disse forutsetningene har støtte i Hoofman et al. (2018).



Figur V2.D2.2: NO_x-utslippsrater for varebiler og lastebiler 2016.



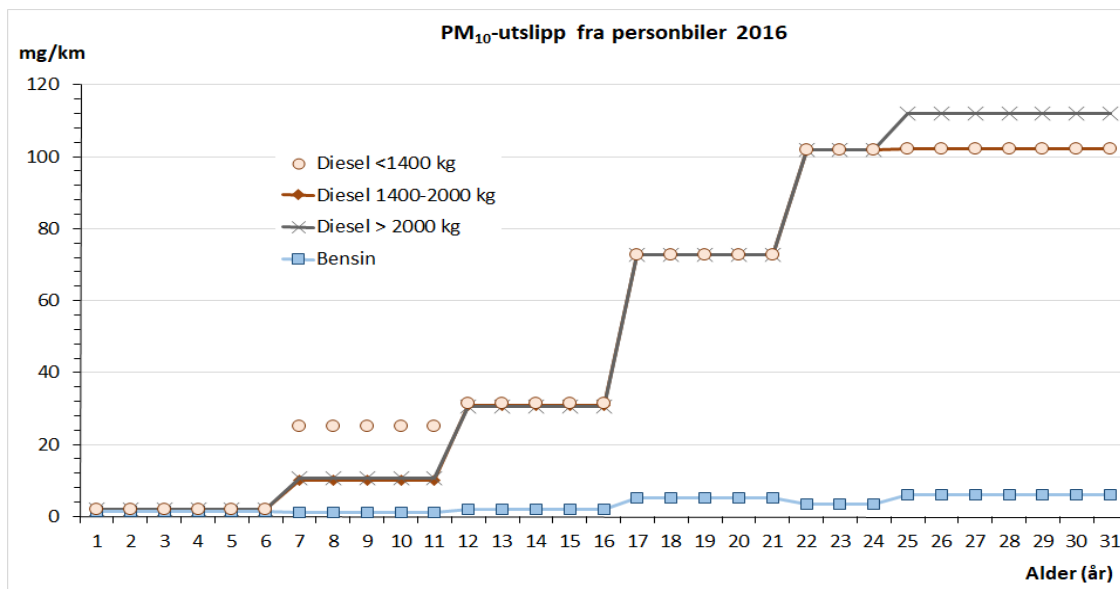
Figur V2.D2.3: NO_x-utslippsrater for trekkbiler 2016.



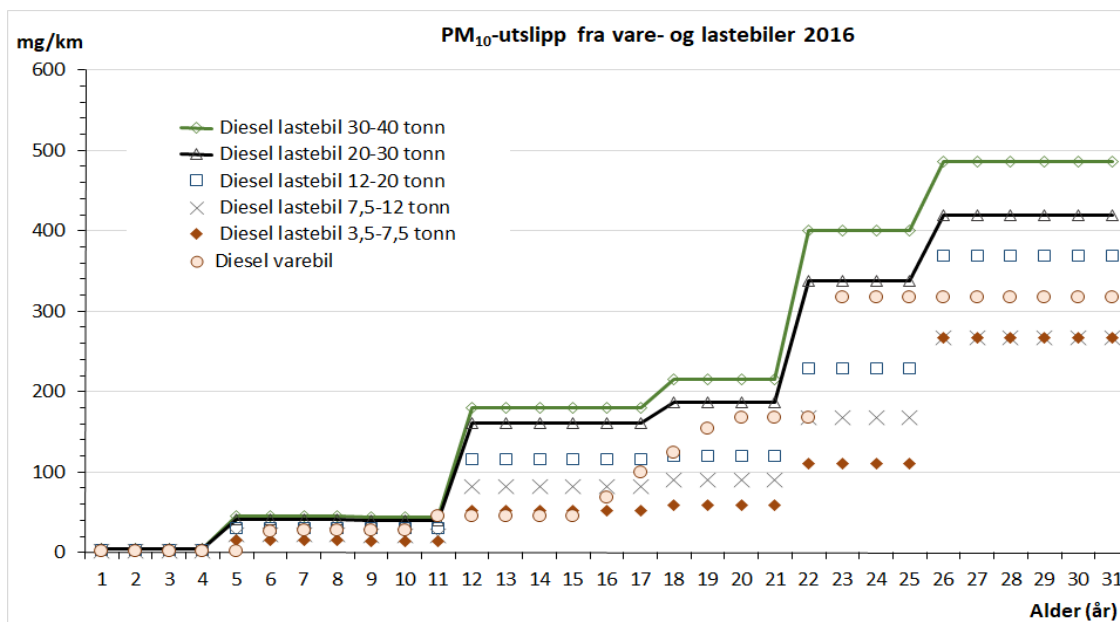
Figur V2.D2.4: NO_x-utslippsrater for busser, bobiler og kombinerte biler 2016.

V2.2.2 Avgasspartikler (PM₁₀)

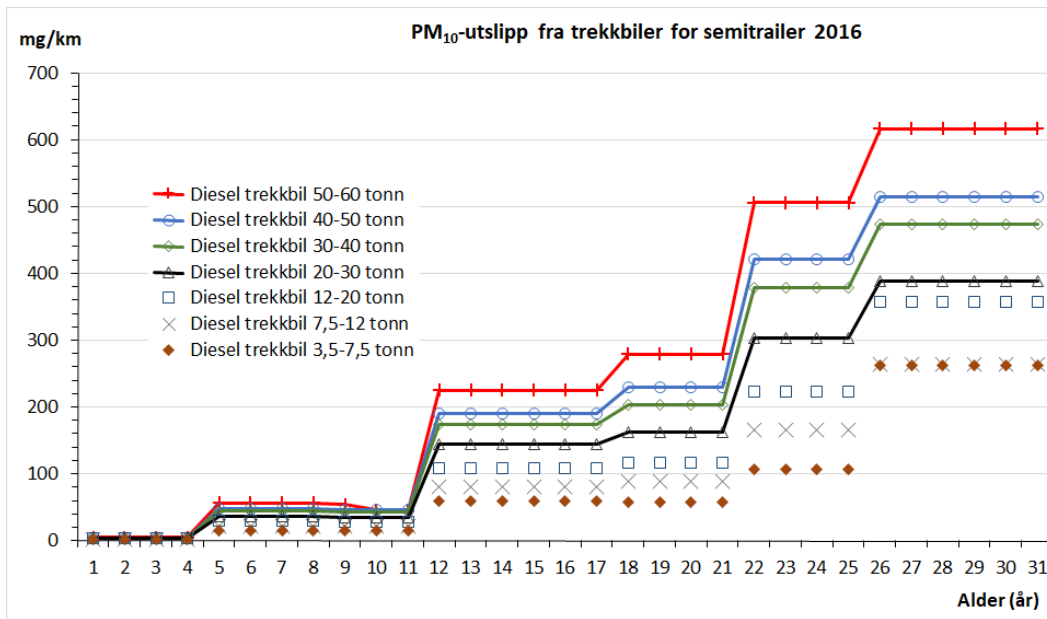
I figurene V2.D2.5 til V2.D2.8 vises de forutsatte utslippsratene for avgasspartikler.



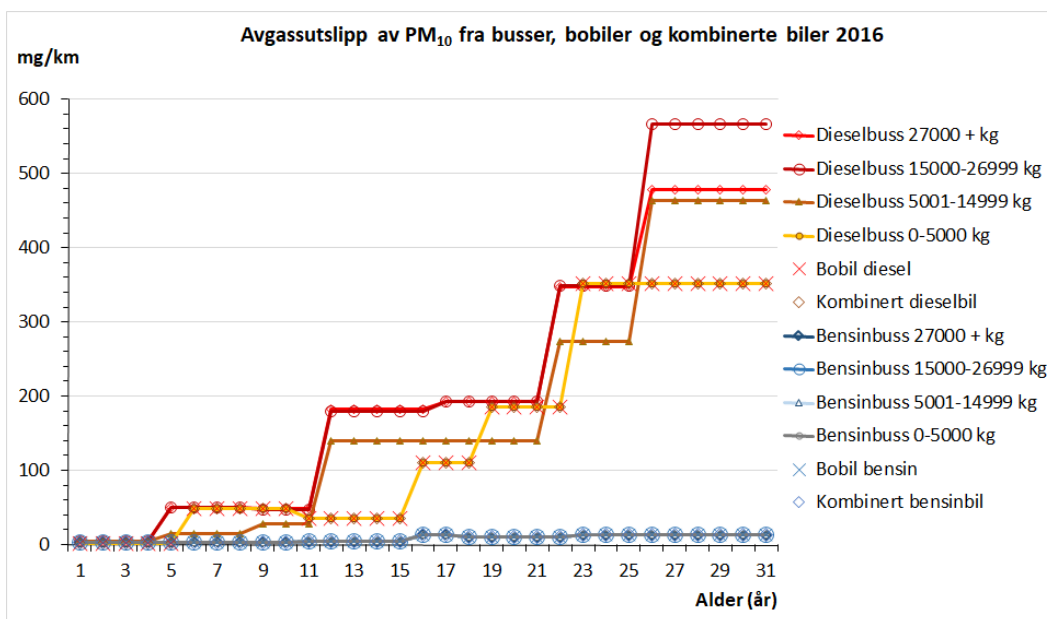
Figur V2.D2.5: PM₁₀-utslippsrater for personbiler 2016.



Figur V2.D2.6: PM₁₀-utslippsrater for varebiler og lastebiler 2016.



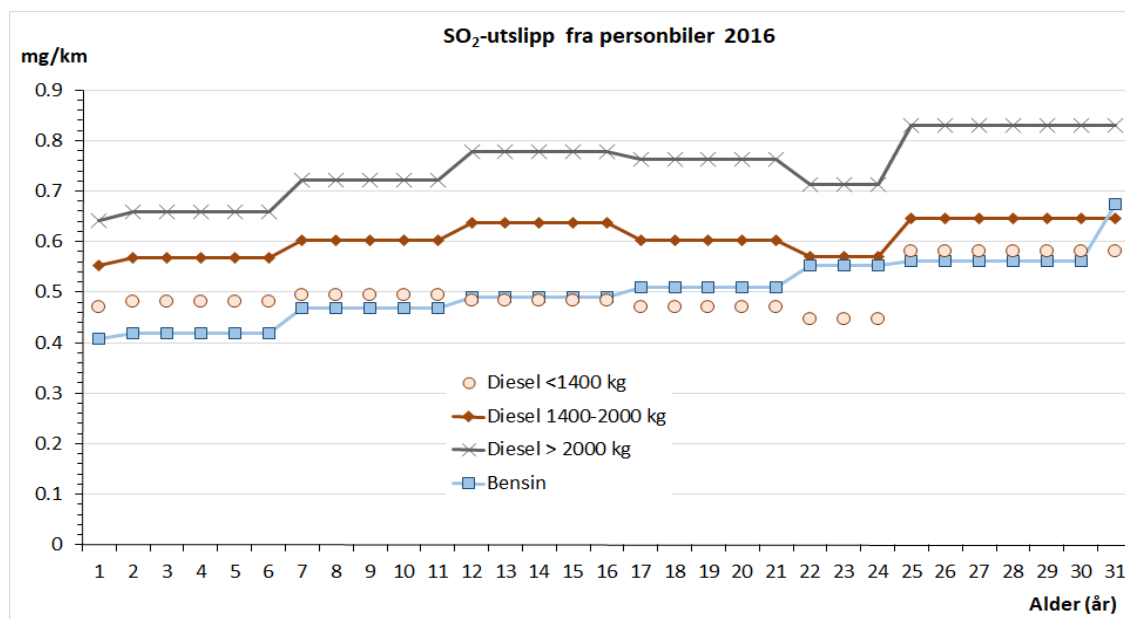
Figur V2.D2.7: PM₁₀-utslippsrater for trekkbiler 2016.



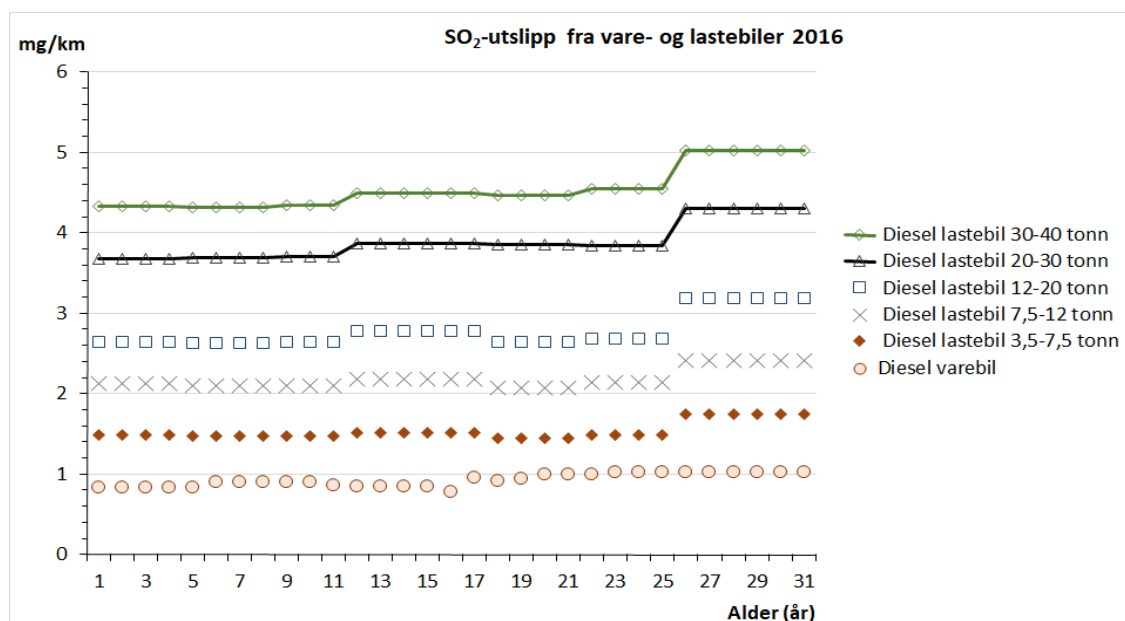
Figur V2.D2.8: PM₁₀-utslippsrater for busser, bobiler og kombinerte biler 2016.

V2.2.3 Svoveldioksid (SO₂)

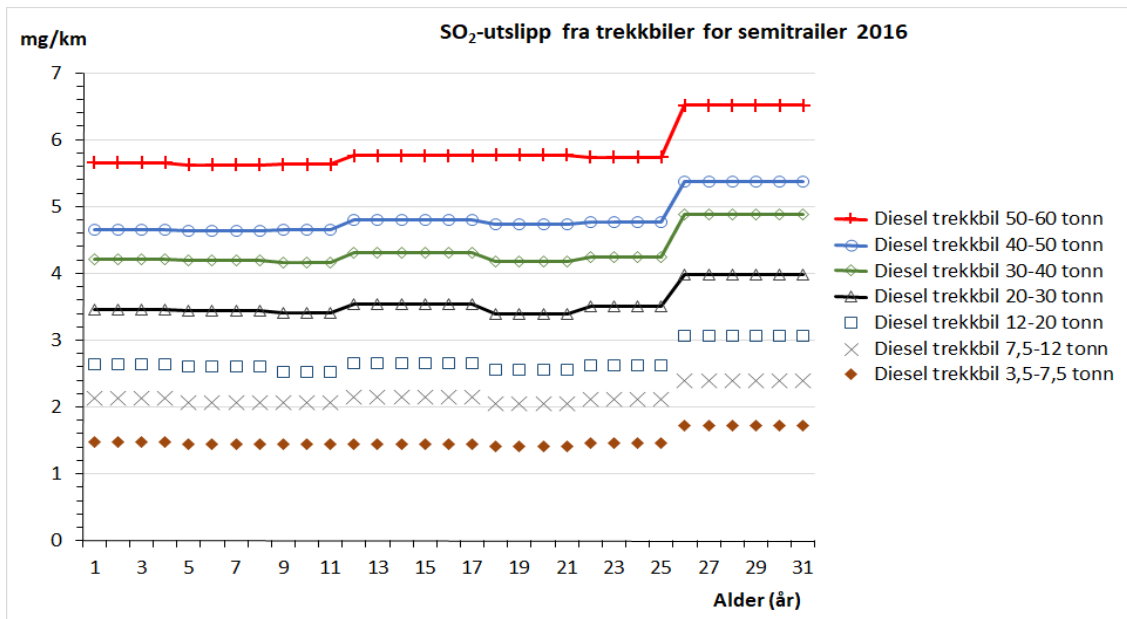
Utslippsratene for svoveldioksid er vist i figurene V2.9 til V2.12.



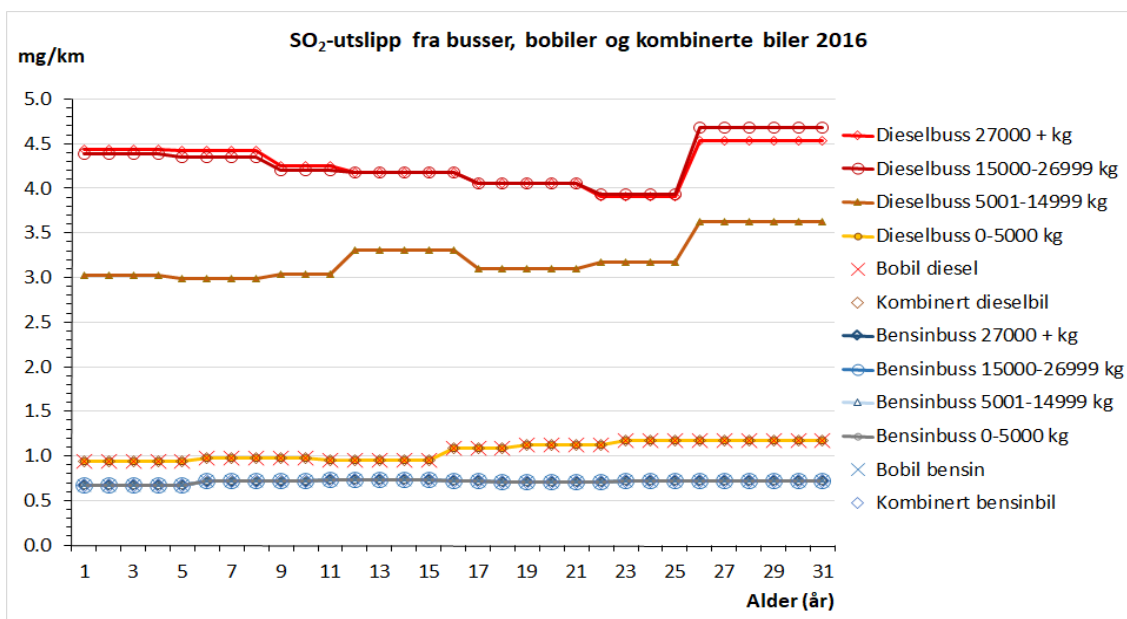
Figur V2.D2.9: SO₂-utslippsrater for personbiler 2016.



Figur V2.D2.10: SO₂-utslippsrater for varebiler og lastebiler 2016.



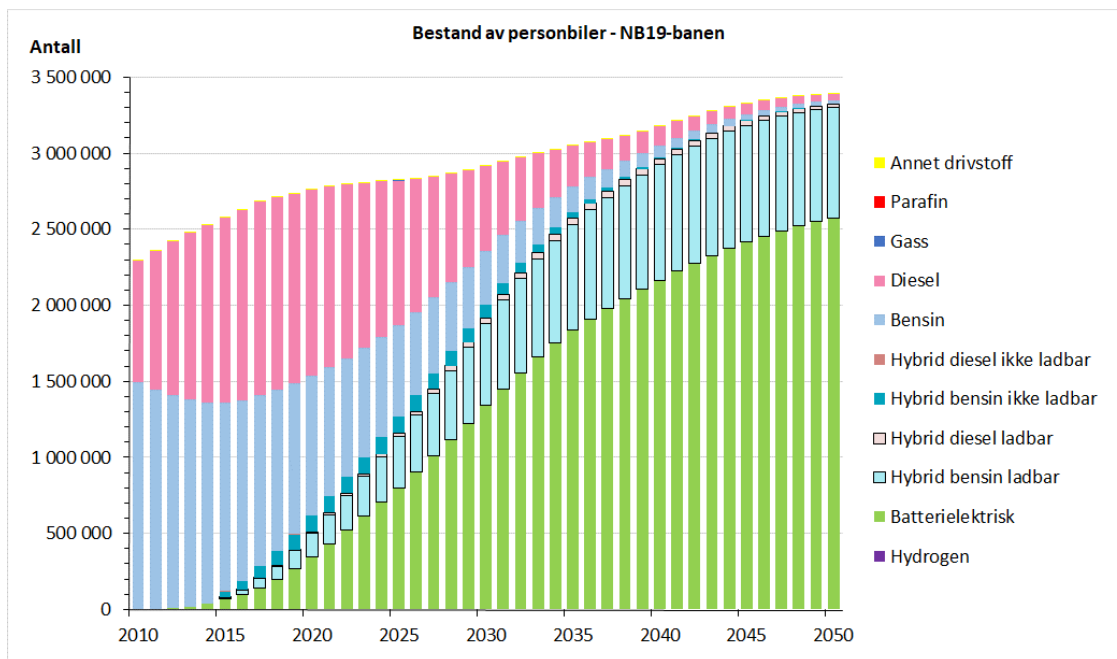
Figur V2.D2.11: SO₂-utslippsrater for trekkbiler 2016.



Figur V2.D2.12: SO₂-utslippsrater for busser, bobiler og kombinerte biler 2016.

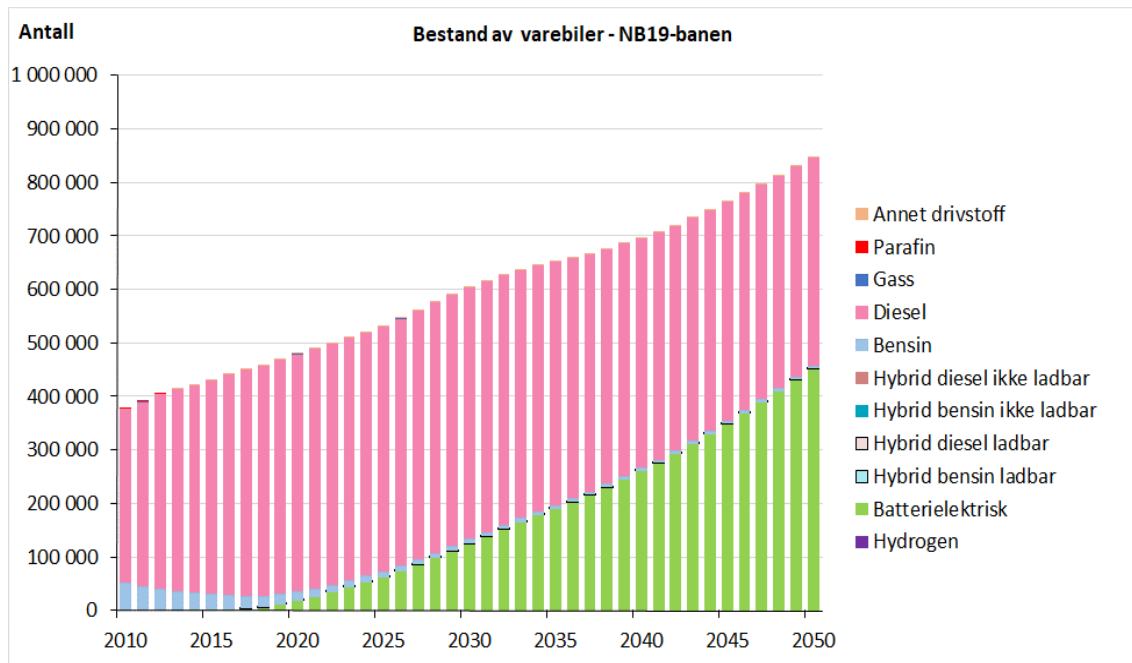
V2.3 Kjøretøybestand og trafikkarbeid mot 2050

De foreliggende framskrivingene er basert på det såkalte NB19-alternativet i TØI-rapport 1689 (Fridstrøm 2019), dvs. at de er konsistente med den utvikling i nybilsalg og transportetterspørsel som er skissert i nasjonalbudsjettet for 2019 (NB19). NB19-banen innebærer at tre fjerdedeler av alle *nye* personbiler i 2030 skal være utslippsfrie. Den siste fjerdedelen skal være ladbare hybrider. Blant de *nye* varebilene i 2030 skal tre åttendedeler være utslippsfrie. Utviklingen i bestanden av personbiler, varebiler, tunge godsbiler og busser er vist i figurene Figur V2.D2.13 til Figur V2.D2.14.

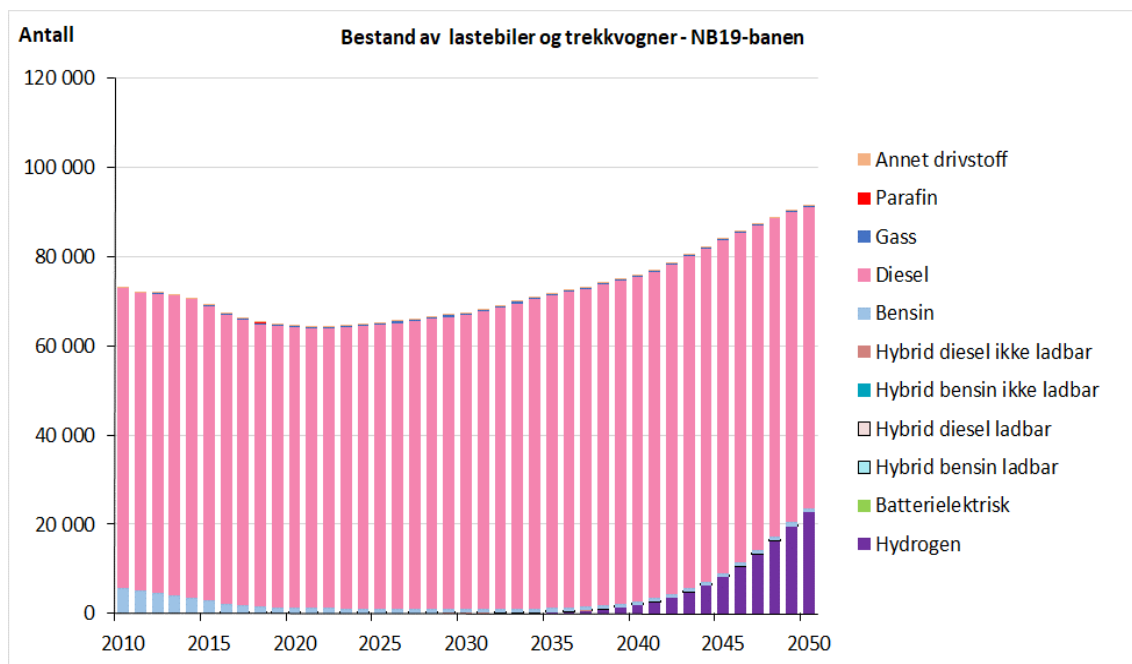


Figur V2.D2.13: Bestand av personbiler ved årsslutt 2010-2050, etter energiteknologi. Kilde: TØI-rapport 1689.

I 2030 beregnes omtrent 46 prosent av personbilene å være utslippsfrie (Figur V2.D2.13). Tilsvarende vil gjelde ca. 21 prosent av varebilene (Figur V2.D2.14).

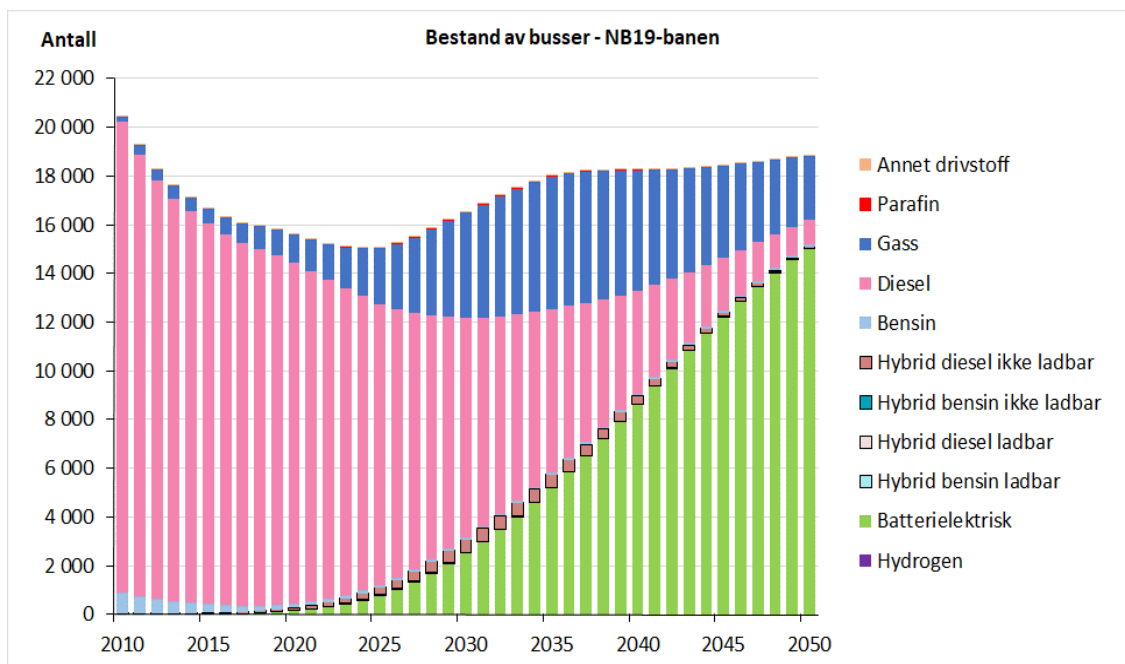


Figur V2.D2.14: Bestand av varebiler ved årsslutt 2010-2050, etter energiteknologi. Kilde: TØI-rapport 1689.



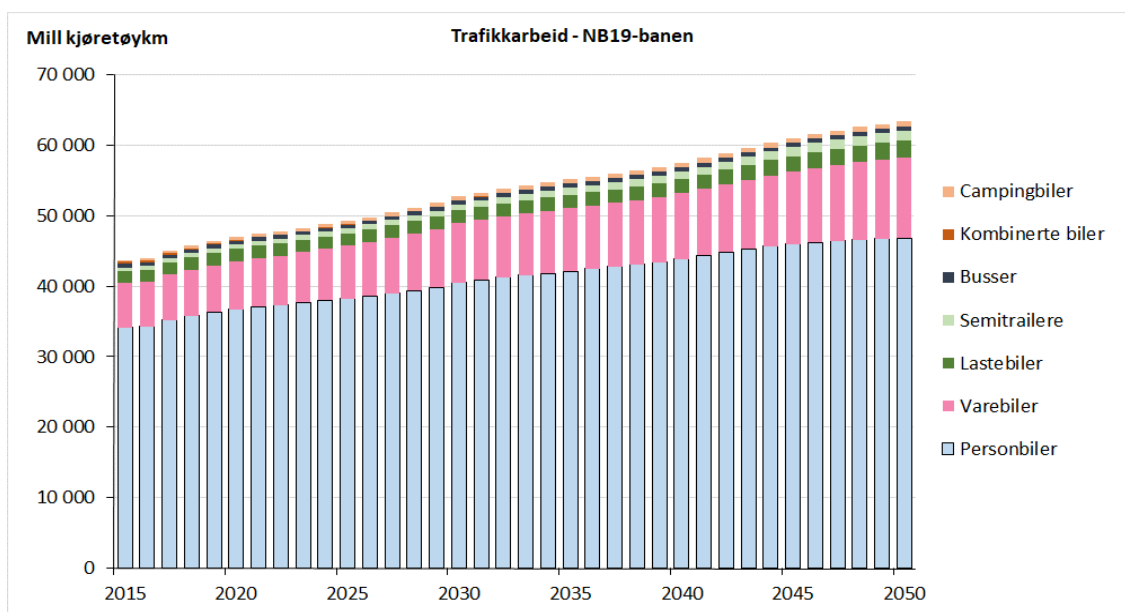
Figur V2.D2.15: Bestand av lastebiler og trekkbiler ved årsslutt 2010-2050, etter energiteknologi. Kilde: TØI-rapport 1689.

De tunge godsbilene vil i all hovedsak være dieseldrevne i 2030 (Figur V2.D2.16). Blant bussene beregnes ca. 41 prosent å være gass- eller batteridrevne i 2030.



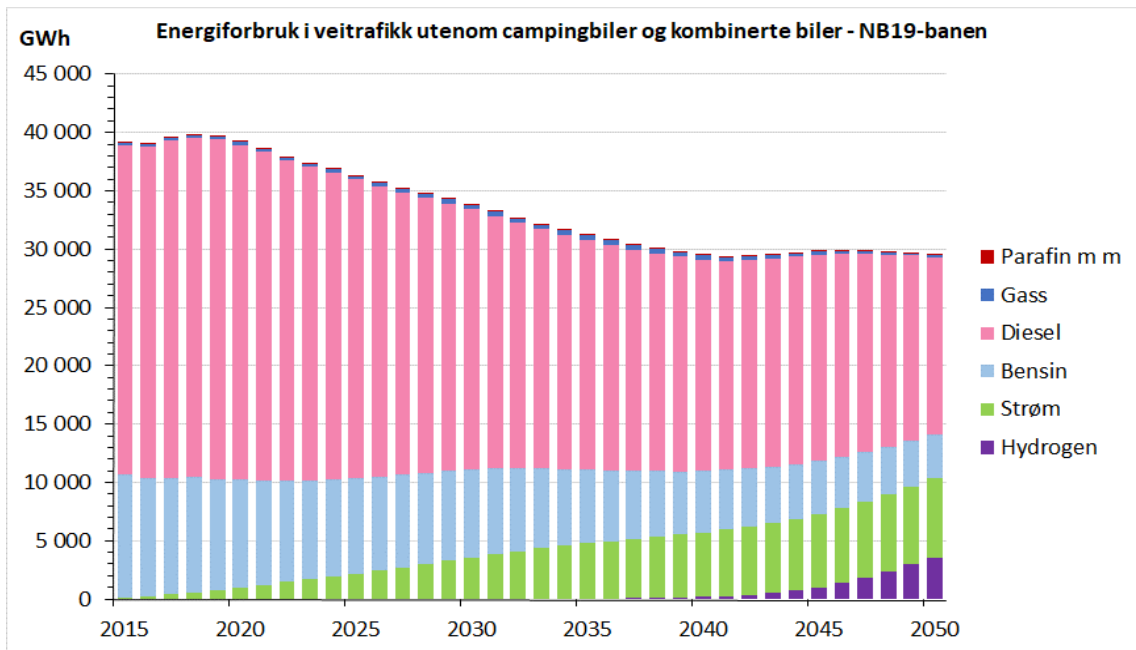
Figur V2.D2.16: Bestand av busser ved årsslutt 2010-2050, etter energiteknologi. Kilde: TØI-rapport 1689.

Utviklingen i det samlede trafikkarbeidet (antall kjøretøykm) er vist i Figur V2.D2.17. Fra 2018 til 2030 vokser trafikken med 15,3 prosent ifølge NB19-banen. Det tilsvarer 1,2 prosent per år.



Figur V2.D2.17: Samlet trafikkarbeid 2015-2050, etter kjøretøytype. Kilde: TØI-rapport 1689.

Fordelingen på energibærere framgår av Figur V2.D2.18. Bensin og diesel vil i 2030 fortsatt stå for ca. 90 prosent av energiforbruket på norske veier. Men siden elmotoren er tre-fire ganger så energieffektiv som forbrenningsmotoren, går det samlede energiforbruket ned, og de CO₂-utslippsfrie kjøretøyene står i 2030 for hele 40 prosent av trafikkarbeidet.



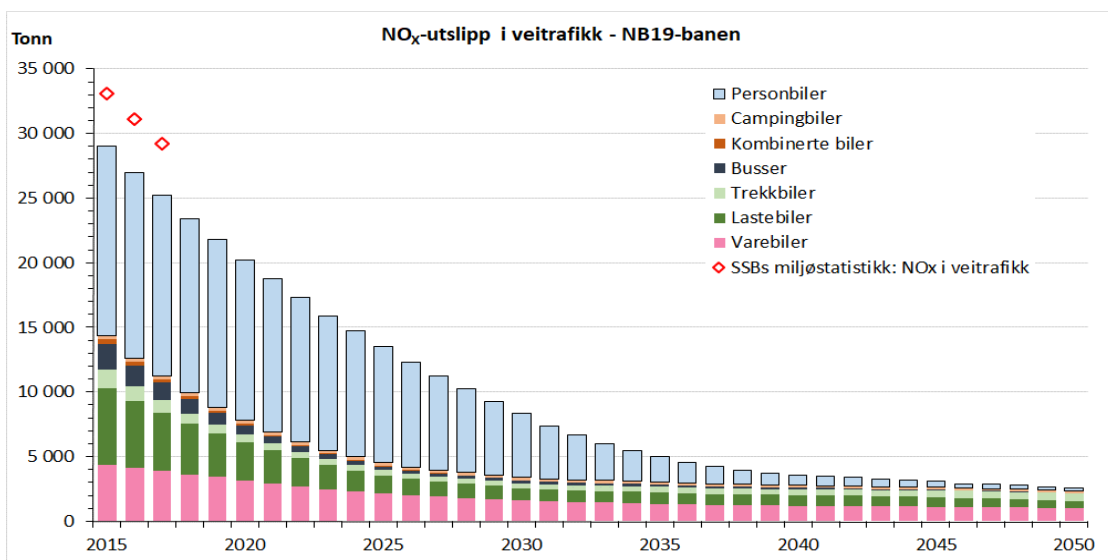
Figur V2.D2.18: Energiforbruk i veitrafikk utenom campingbiler og kombinerte biler 2015-2050, etter energibærer. Kilde: TØI-rapport 1689.

V2.4 Utslipp 2015-2050

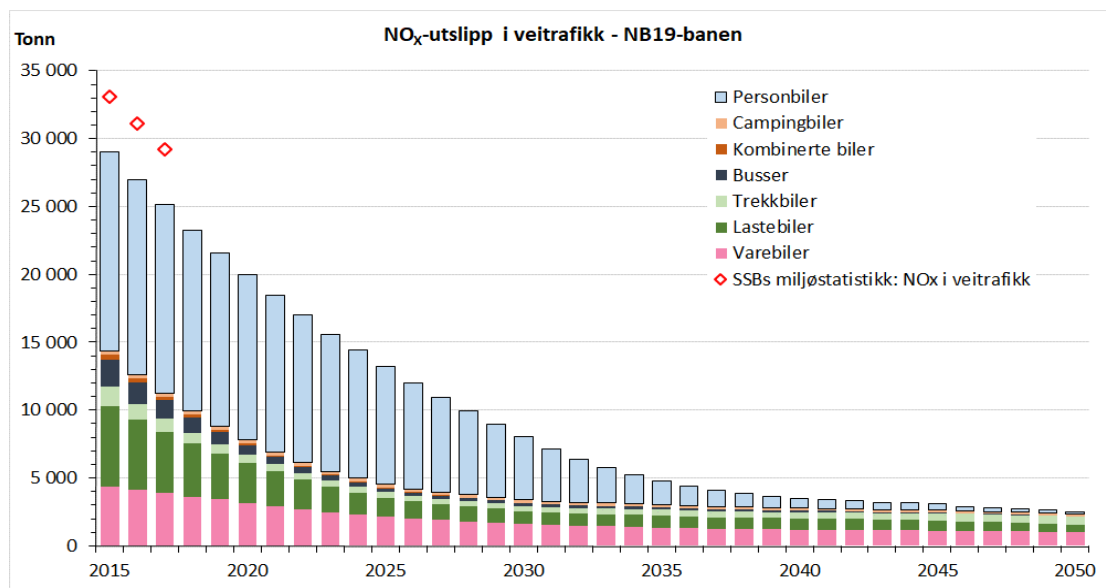
Ved å multiplisere utslippsratene med det beregnede trafikkarbeidet (antall kjøretøykm) i hver kjøretøygruppe får vi fram de samlede veitrafikkutslippene av NO_x, PM₁₀ og SO₂, henholdsvis.

V2.4.1 Nitrogenoksider (NO_x)

De beregnede NO_x-utslippene i veitrafikken fram til 2050 framgår av figurene V2.D2.19 og V2.D2.20.



Figur V2.D2.19: NO_x-utslipp i veitrafikk 2015-2050, uten forbedring av personbilene.



Figur V2.D2.20: NO_x-utslipp i veitrafikk 2015-2050, forutsatt gradvis forbedring av personbilene 2016-2024.

I figur V2.D2.19 har vi gjort den konservative antakelse at NO_x-utslippsratene for nye årsklasser av dieseldrevne personbiler ikke synker, men holder seg på samme nivå som i 2016. I figur V2.D2.20, derimot, har vi lagt inn en forbedring som nevnt i avsnitt V2.1.1.

Som det framgår er de to beregningene knapt til å skille fra hverandre. Per 2028 er NO_x-utslippene i den konservative beregningen så vidt større enn 10 000 tonn, mens de i tilfellet med forbedrede dieslbiler er hårfint under.

Dette har betydning for tolkningen av resultatene. Det er åpenbart at den nedgang i NO_x-utslipp som beregnes, først og fremst har med den tekniske forbedring å gjøre som allerede har funnet sted. Selv uten ytterligere tekniske forbedringer vil utslippet synke drastisk, rett og slett fordi dagens kjøretøy er renere enn de eldre kjøretøyene som etter hvert vil utrannges. NO_x-utslippet vil synke med 55 prosent fra 2015 til 2025 og med 72 prosent til 2030. Utslippene går ned i alle kjøretøygrupper. Etter hvert som kjøretøyparken utskiftes, vil de tekniske forbedringene få full effekt.

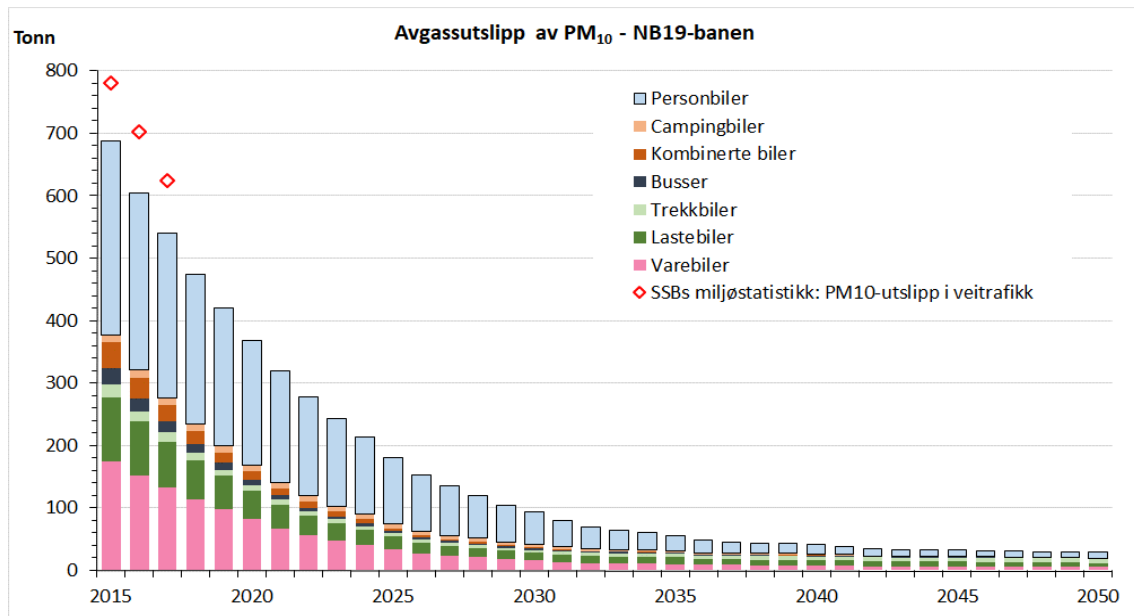
I figurene figur V2.D2.19 og figur V2.D2.20 har vi også tegnet inn det samlede NO_x-utslippet i veitrafikken, slik det framgår av Statistisk sentralbyrås miljøstatistikk. Vi ser at BIG-modellens beregninger i det minste er av samme størrelsesorden. Retningen i endringene fra 2015 til 2016 og 2017 stemmer også godt.

Når Byråets tall ligger rundt 15 prosent høyere, kan det til dels ha sammenheng med at BIG-modellen ikke omfatter absolutt alle motorkjøretøy. Motorsykler og mopeder er utelatt; det samme gjelder ambulanser, traktorer, motorredskap, snøskutere og andre terrenggående kjøretøy.

En annen og kanskje viktigere forklaring kan være at BIG-modellen ikke tar høyde for økte utslipp ved kaldstart. Dette er derimot innarbeidet i Byråets tall.

V2.4.2 Avgasspartikler (PM₁₀)

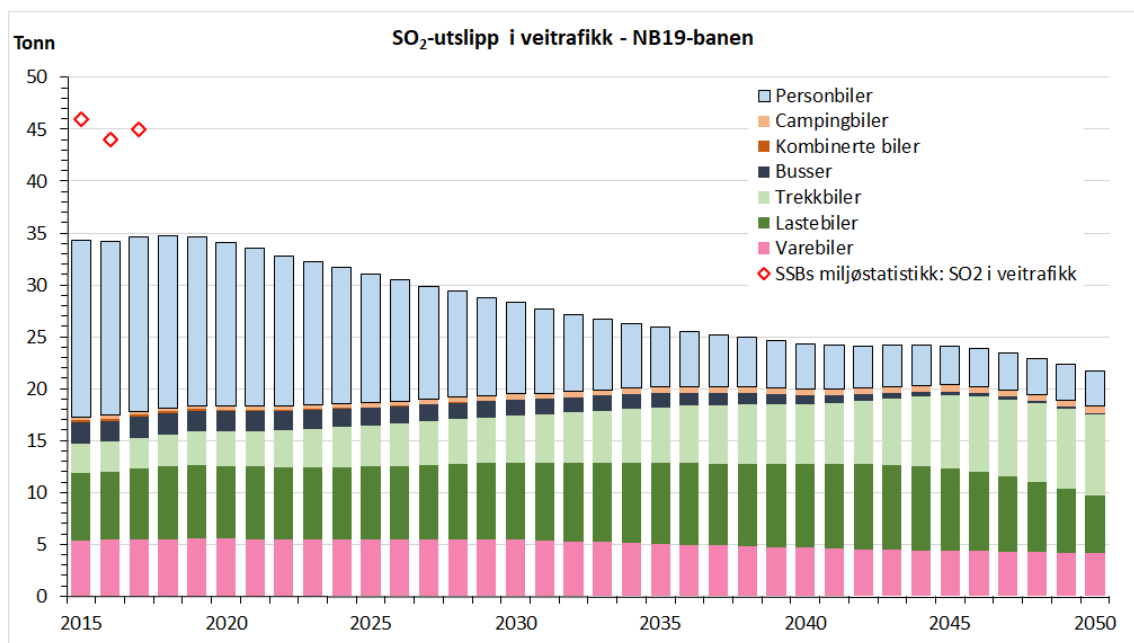
Avgassutslippene av partikler mindre enn 10 tusendels millimeter (PM₁₀) er vist i figur V2.D2.21. Utslippene beregnes å synke med 74 prosent fra 2015 til 2025 og med 86 prosent til 2030. Utslippene går ned i alle kjøretøygrupper.



Figur V2.D2.21: PM₁₀-utslipp i veitrafikk 2015-2050.

V2.4.3 Svoveldioksid (SO₂)

Svoveldioksidutslippene er vist i figur V2.D2.22. Utslippene beregnes å synke med 9 prosent fra 2015 til 2025 og med 17 prosent til 2030. Utslippene beregnes å gå ned for personbiler, men opp for tunge godsbiler.



Figur V2.D2.22: SO₂-utslipp i veitrafikk 2015-2050.

V2.5 Oppsummering og tolkning

Veitrafikkutslippene av *nitrogenoksider* og *avgasspartikler* har passert toppen og vil etter alt å dømme synke kraftig i årene framover, til tross for at trafikken vokser. Dette gjelder helt

uavhengig av om framtidige generasjoner av kjøretøy viser seg å være renere enn dagens nye biler.

Hovedgrunnen til nedgangen er at dagens generasjon av kjøretøy allerede er vesentlig renere enn de eldre årsklassene. Etter hvert som gamle godsbiler og busser utrangeres, mens nye kjøretøy kommer til, går utslippene ned.

Blant lette kjøretøy spiller det også en viktig rolle at store deler av de nye generasjonene biler vil være helt utslippsfrie. I 2030 vil dette ventelig gjelde nærmere halvparten av alle personbiler og rundt en femtedel av alle varebiler.

Utslippene av *svoveldioksid* vil også synke, men prosentvis mye mindre enn de andre to avgasskomponentene. Siden drivstoffet nå er praktisk talt svovelfritt, er utslippet vesentlig lavere enn for 20-30 år siden. Svoveldioksidutslippet i veitrafikk i 2017 utgjorde bare 1,5 prosent av nivået i 1990.

Referanser

- Fridstrøm L (2017). From innovation to penetration: Calculating the energy transition time lag for motor vehicles. *Energy Policy* 108: 487-502.
- Fridstrøm L (2019). Framskrivning av kjøretøyparken i samsvar med nasjonalbudsjettet 2019. TØI-rapport 1689, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Fridstrøm L, Østli V (2016). Kjøretøyparkens utvikling og klimagassutslipp. Framskrivinger med modellen BIG. TØI-rapport 1518, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Holmgren N, Fedoryshyn N (2015). [Utslipp fra veitrafikk i Norge. Dokumentasjon av beregningsmetoder, data og resultater.](#) Notater 2015/22, Statistisk sentralbyrå, Oslo.
- Hooftman N, Messagie M, Van Mierlo J, Coosemans T (2018). A review of the European passenger car regulations – real driving emissions vs local air quality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 86: 1-21.
- Hovi I B, Hansen W, Johansen B G, Jordbakke G N, Madslie A (2017). Framskrivinger for godstransport i Norge 2016-2050. TØI-rapport 1555, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Madslie A, Steinsland C, Kwong C K (2017). Framskrivinger for persontransport i Norge 2016-2050. TØI-rapport 1554, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Meld. St. 1 (2018-2019). Nasjonalbudsjettet for 2019. Finansdepartementet, Oslo.
- Meld. St. 33 (2016-2017). Nasjonal transportplan 2018-2029. Samferdselsdepartementet, Oslo.

Vedlegg 3, Del 2 - Tabeller

I Tabell VT2.1 til VT2.3 vises utslippene av NO_x, PM₁₀ og SO₂, henholdsvis, i absolutte tall hvert år fram til 2050. Tabell VT2.4 til VT2.6 viser tilsvarende tall per kjøretøykilometer. Gjennomsnittlig CO₂-utslipp per kjøretøykilometer, før fratrukk for biodrivstoff, er vist i Tabell V2.7. Tall for aggregert trafikkarbeid og CO₂-utslipp finnes i TØI-rapport 1689, Tabell V.14 og V.26.

Tabell VT2.1: Veitrafikkutslippet av nitrogenoksider (NO_x) 2015-2050, etter kjøretøytype. Tonn.

År	I alt	Kombinererte biler						
		Personbiler	Varebiler	Lastebiler	Trekkbiler	Busser	Bobiler	
2015	29059	14739	4331	5956	1428	2002	354	248
2016	27000	14389	4140	5161	1127	1643	284	255
2017	25153	13934	3890	4512	946	1386	233	252
2018	23274	13357	3627	3923	783	1139	191	252
2019	21599	12794	3416	3395	674	911	156	253
2020	19966	12176	3174	2928	604	705	128	252
2021	18476	11564	2921	2550	547	540	104	250
2022	17023	10903	2696	2160	503	428	85	247
2023	15582	10086	2492	1866	469	353	71	246
2024	14416	9423	2307	1622	453	307	59	244
2025	13191	8678	2123	1408	424	273	47	238
2026	12030	7828	1998	1274	406	252	39	234
2027	10949	6992	1896	1170	391	237	34	229
2028	9932	6169	1801	1098	382	228	30	225
2029	8934	5352	1708	1030	377	223	25	220
2030	8022	4631	1612	952	377	218	20	213
2031	7124	3843	1538	924	380	212	18	209
2032	6399	3195	1484	906	388	209	14	203
2033	5778	2628	1432	901	399	204	13	201
2034	5258	2152	1390	899	410	198	12	198
2035	4813	1754	1345	896	420	190	11	196
2036	4392	1432	1311	840	427	178	10	194
2037	4086	1183	1269	841	435	167	7	185
2038	3863	992	1241	844	441	155	6	183
2039	3649	836	1218	823	442	142	6	182
2040	3496	716	1196	828	440	129	5	181
2041	3441	682	1177	832	447	117	5	180
2042	3350	609	1156	834	465	105	4	178
2043	3213	550	1143	764	484	89	4	178
2044	3162	503	1132	759	507	79	3	178
2045	3108	463	1121	743	529	69	3	178
2046	2887	322	1080	716	550	61	1	158
2047	2795	272	1067	679	564	53	1	159
2048	2702	235	1054	632	575	46	1	160
2049	2612	206	1039	578	587	40	1	160
2050	2522	184	1023	521	597	35	1	161

Tabell VT2.2: Veitrafikkutslippet av angasspartikler (PM₁₀) 2015-2050, etter kjøretøytype. Tonn.

År	I alt	Kombinererte						
		Personbiler	Varebiler	Lastebiler	Trekkbiler	Busser	biler	Bobiler
2015	687,5	310,0	175,0	101,0	20,9	26,6	41,2	12,7
2016	603,8	283,4	151,2	86,8	16,6	21,0	32,5	12,3
2017	539,3	263,4	132,1	74,3	14,0	17,5	26,2	11,7
2018	473,6	239,7	113,3	62,8	11,4	14,3	20,9	11,3
2019	419,7	220,2	97,7	53,3	9,6	11,5	16,6	10,9
2020	368,6	200,4	82,0	45,2	8,3	9,0	13,4	10,5
2021	320,0	179,1	66,5	39,0	7,4	7,1	11,0	9,9
2022	277,1	158,3	56,6	31,6	6,6	5,5	9,1	9,4
2023	242,7	140,0	48,1	27,3	6,1	4,6	7,7	8,9
2024	213,1	123,3	41,0	24,0	5,9	4,1	6,6	8,4
2025	181,1	106,6	33,0	21,2	5,4	3,6	4,2	7,1
2026	153,0	90,9	27,2	16,6	5,1	3,0	3,6	6,6
2027	134,6	78,6	23,7	15,2	4,9	2,9	3,2	6,1
2028	119,3	68,2	20,8	14,1	4,8	2,8	2,9	5,8
2029	104,6	59,4	18,0	13,1	4,7	2,7	1,8	5,0
2030	93,1	51,8	15,7	12,1	4,7	2,6	1,6	4,7
2031	79,4	41,4	13,2	11,8	4,7	2,5	1,5	4,3
2032	69,9	35,7	11,6	11,5	4,7	2,5	0,5	3,3
2033	64,4	31,3	10,8	11,5	4,9	2,4	0,4	3,1
2034	59,9	27,5	10,3	11,4	5,0	2,3	0,4	2,9
2035	56,1	24,6	9,7	11,4	5,1	2,3	0,4	2,7
2036	47,9	19,8	9,3	8,8	5,2	2,0	0,3	2,5
2037	45,5	18,1	8,4	8,8	5,2	1,9	0,4	2,7
2038	43,7	16,6	8,2	8,8	5,3	1,7	0,4	2,6
2039	42,3	15,5	8,1	8,9	5,3	1,6	0,4	2,5
2040	41,1	14,6	8,0	9,0	5,3	1,4	0,3	2,4
2041	37,7	11,6	7,8	9,0	5,4	1,3	0,3	2,4
2042	33,8	11,2	6,2	9,0	5,6	1,2	0,0	0,6
2043	32,6	10,8	6,1	8,1	5,8	1,0	0,0	0,6
2044	32,3	10,5	6,1	8,1	6,1	0,9	0,0	0,6
2045	32,0	10,2	6,0	7,9	6,4	0,8	0,0	0,7
2046	31,5	10,0	6,0	7,6	6,6	0,7	0,0	0,7
2047	30,9	9,7	5,9	7,2	6,8	0,6	0,0	0,7
2048	30,1	9,5	5,8	6,7	6,9	0,5	0,0	0,7
2049	29,3	9,2	5,7	6,2	7,1	0,4	0,0	0,7
2050	28,4	9,0	5,6	5,5	7,2	0,4	0,0	0,7

Tabell VT2.3: Veitrafikkutslippet av svoveldioksid (SO₂) 2015-2050, etter kjøretøytype. Tonn.

År	I alt	Personbiler	Varebiler	Lastebiler	Trekkbiler	Busser	Kombinerte	
							biler	Bobiler
2015	34,3	17,0	5,4	6,5	2,8	2,0	0,3	0,3
2016	34,2	16,8	5,4	6,6	2,9	2,0	0,2	0,3
2017	34,7	16,8	5,5	6,8	3,0	2,1	0,2	0,3
2018	34,7	16,6	5,5	7,0	3,1	2,1	0,2	0,3
2019	34,6	16,3	5,5	7,1	3,2	2,0	0,1	0,3
2020	34,1	15,8	5,5	7,0	3,3	2,0	0,1	0,4
2021	33,5	15,1	5,5	7,0	3,5	1,9	0,1	0,4
2022	32,8	14,4	5,5	7,0	3,6	1,9	0,1	0,4
2023	32,2	13,8	5,5	7,0	3,7	1,8	0,1	0,4
2024	31,7	13,1	5,5	7,0	3,9	1,8	0,0	0,4
2025	31,1	12,4	5,5	7,0	4,0	1,7	0,0	0,5
2026	30,5	11,6	5,5	7,1	4,1	1,7	0,0	0,5
2027	29,9	10,9	5,5	7,2	4,2	1,6	0,0	0,5
2028	29,4	10,2	5,5	7,3	4,3	1,6	0,0	0,5
2029	28,8	9,5	5,5	7,4	4,4	1,6	0,0	0,5
2030	28,3	8,8	5,5	7,4	4,5	1,5	0,0	0,5
2031	27,6	8,1	5,4	7,5	4,6	1,5	0,0	0,5
2032	27,1	7,4	5,3	7,5	4,8	1,5	0,0	0,5
2033	26,7	6,8	5,2	7,6	5,0	1,4	0,0	0,5
2034	26,3	6,2	5,1	7,7	5,2	1,4	0,0	0,6
2035	25,9	5,8	5,1	7,8	5,4	1,3	0,0	0,6
2036	25,5	5,4	5,0	7,8	5,5	1,3	0,0	0,6
2037	25,2	5,0	4,9	7,9	5,6	1,2	0,0	0,6
2038	24,9	4,8	4,8	8,0	5,7	1,1	0,0	0,6
2039	24,6	4,5	4,7	8,0	5,8	1,0	0,0	0,6
2040	24,3	4,3	4,7	8,1	5,8	0,9	0,0	0,6
2041	24,2	4,2	4,6	8,2	5,9	0,8	0,0	0,6
2042	24,1	4,1	4,5	8,2	6,1	0,7	0,0	0,6
2043	24,2	4,0	4,5	8,2	6,4	0,6	0,0	0,6
2044	24,2	3,9	4,4	8,1	6,7	0,5	0,0	0,6
2045	24,1	3,8	4,4	8,0	7,0	0,4	0,0	0,6
2046	23,9	3,7	4,3	7,7	7,2	0,3	0,0	0,6
2047	23,5	3,6	4,3	7,3	7,4	0,3	0,0	0,6
2048	22,9	3,5	4,2	6,8	7,5	0,2	0,0	0,6
2049	22,3	3,4	4,2	6,2	7,7	0,2	0,0	0,6
2050	21,6	3,3	4,1	5,6	7,8	0,1	0,0	0,6

Tabell VT2.4: Gjennomsnittlig spesifikt NO_x-utslipp i veitrafikk 2015-2050, etter kjøretøytype.
Milligram per kjøretøykm.

År	I alt	Personbiler	Varebiler	Lastebiler	Trekkbiler	Busser	Kombinerte biler	Bobiler
2015	664	432	691	3543	2789	3556	1249	887
2016	614	419	652	3059	2146	2948	1247	848
2017	560	397	604	2609	1744	2428	1239	793
2018	511	376	557	2225	1402	1986	1233	741
2019	470	358	512	1913	1152	1605	1232	696
2020	431	339	465	1667	998	1264	1234	655
2021	396	320	422	1464	875	979	1242	618
2022	363	301	383	1246	778	789	1251	585
2023	329	276	347	1078	699	660	1260	556
2024	302	256	314	935	647	579	1274	530
2025	274	235	282	811	586	520	1206	498
2026	248	211	260	727	546	477	1220	474
2027	223	187	240	661	513	441	1233	451
2028	200	164	222	614	490	414	1243	431
2029	178	142	206	571	473	395	1157	411
2030	158	121	191	525	461	377	1056	388
2031	139	101	180	507	451	359	1057	373
2032	124	84	171	493	442	347	931	357
2033	111	69	163	486	437	334	932	346
2034	100	56	157	480	433	321	932	336
2035	90	46	151	474	430	308	933	327
2036	82	37	146	441	426	289	934	319
2037	75	31	140	437	424	272	651	300
2038	70	26	136	434	423	255	652	295
2039	66	21	132	417	421	235	652	290
2040	62	18	128	413	420	216	653	285
2041	60	17	124	408	419	197	654	281
2042	58	15	120	401	419	177	597	276
2043	54	13	116	360	417	152	597	274
2044	53	12	112	348	417	134	598	272
2045	51	11	109	334	417	118	598	270
2046	47	7	103	316	417	103	213	238
2047	46	7	99	293	417	89	213	238
2048	44	6	96	269	417	77	214	238
2049	43	6	93	242	417	67	214	238
2050	41	6	89	215	416	58	214	238

Tabell VT2.5: Gjennomsnittlig spesifikt PM₁₀-utslipp i veitrafikk 2015-2050, etter kjøretøytype. Milligram per kjøretøykm.

År	I alt	Personbiler	Varebiler	Lastebiler	Trekkbiler	Busser	Kombinerte biler	Bobiler
2015	15,72	9,08	27,91	60,09	40,74	47,32	145,51	45,41
2016	13,74	8,26	23,81	51,48	31,54	37,66	142,43	41,03
2017	11,98	7,48	20,51	42,98	25,87	30,62	139,06	36,92
2018	10,35	6,69	17,39	35,59	20,39	24,85	134,44	33,23
2019	9,04	6,06	14,63	30,04	16,36	20,23	130,81	30,02
2020	7,85	5,45	12,03	25,72	13,63	16,22	129,39	27,16
2021	6,75	4,83	9,61	22,41	11,79	12,90	130,90	24,56
2022	5,80	4,24	8,04	18,20	10,28	10,14	133,24	22,21
2023	5,03	3,72	6,69	15,78	9,14	8,65	135,89	20,12
2024	4,37	3,25	5,57	13,83	8,36	7,69	141,33	18,24
2025	3,67	2,79	4,39	12,19	7,47	6,88	108,13	14,83
2026	3,07	2,35	3,54	9,49	6,89	5,76	113,22	13,27
2027	2,67	2,02	3,00	8,59	6,45	5,35	117,95	12,00
2028	2,33	1,73	2,57	7,89	6,15	5,03	121,80	11,03
2029	2,02	1,49	2,17	7,26	5,88	4,73	82,77	9,29
2030	1,77	1,28	1,86	6,70	5,69	4,51	85,01	8,50
2031	1,49	1,01	1,54	6,46	5,53	4,32	86,89	7,66
2032	1,30	0,86	1,34	6,27	5,40	4,12	31,59	5,84
2033	1,19	0,75	1,24	6,18	5,33	3,97	31,59	5,37
2034	1,09	0,66	1,16	6,10	5,27	3,81	31,59	4,94
2035	1,02	0,58	1,09	6,02	5,22	3,65	31,62	4,54
2036	0,86	0,47	1,04	4,59	5,14	3,21	31,64	4,17
2037	0,81	0,42	0,93	4,56	5,12	3,04	42,34	4,35
2038	0,77	0,39	0,90	4,52	5,11	2,84	42,38	4,16
2039	0,74	0,36	0,88	4,50	5,09	2,63	42,42	3,98
2040	0,71	0,33	0,85	4,46	5,08	2,41	42,46	3,83
2041	0,65	0,26	0,82	4,41	5,07	2,19	42,50	3,68
2042	0,57	0,25	0,64	4,34	5,06	1,97	1,23	0,99
2043	0,55	0,24	0,62	3,82	5,03	1,70	1,23	0,99
2044	0,54	0,23	0,60	3,70	5,03	1,50	1,22	0,99
2045	0,52	0,22	0,59	3,55	5,03	1,31	1,22	0,99
2046	0,51	0,22	0,57	3,36	5,03	1,14	1,22	0,99
2047	0,50	0,21	0,55	3,12	5,03	0,99	1,22	0,99
2048	0,48	0,20	0,53	2,86	5,02	0,85	1,22	0,99
2049	0,46	0,20	0,51	2,57	5,02	0,74	1,21	0,99
2050	0,45	0,19	0,49	2,29	5,02	0,63	1,21	0,99

Tabell VT2.6: Gjennomsnittlig spesifikt SO₂-utslipp i veitrafikk 2015-2050, etter kjøretøytype.
Milligram per kjøretøykm.

År	I alt	Personbiler	Varebiler	Lastebiler	Trekkbiler	Busser	Kombinerte biler	Bobiler
2015	0,78	0,50	0,86	3,88	5,45	3,58	1,04	0,97
2016	0,78	0,49	0,85	3,91	5,48	3,58	1,04	0,97
2017	0,77	0,48	0,85	3,95	5,51	3,60	1,04	0,96
2018	0,76	0,46	0,84	3,97	5,53	3,58	1,04	0,96
2019	0,75	0,45	0,83	3,99	5,54	3,57	1,03	0,96
2020	0,73	0,43	0,81	4,00	5,53	3,56	1,03	0,96
2021	0,71	0,41	0,80	4,01	5,52	3,52	1,03	0,96
2022	0,69	0,39	0,78	4,01	5,52	3,48	1,03	0,96
2023	0,67	0,37	0,76	4,02	5,51	3,42	1,03	0,95
2024	0,65	0,34	0,74	4,03	5,51	3,34	1,03	0,95
2025	0,63	0,32	0,73	4,04	5,51	3,24	1,02	0,95
2026	0,61	0,30	0,71	4,05	5,51	3,13	1,02	0,95
2027	0,59	0,28	0,69	4,06	5,51	3,01	1,03	0,95
2028	0,57	0,26	0,68	4,07	5,51	2,89	1,03	0,95
2029	0,56	0,24	0,66	4,08	5,51	2,78	1,01	0,95
2030	0,54	0,22	0,65	4,09	5,51	2,67	1,01	0,95
2031	0,52	0,20	0,63	4,10	5,51	2,57	1,02	0,95
2032	0,50	0,18	0,61	4,11	5,51	2,47	0,92	0,94
2033	0,49	0,16	0,59	4,11	5,51	2,37	0,92	0,94
2034	0,48	0,15	0,58	4,11	5,51	2,27	0,92	0,94
2035	0,47	0,14	0,57	4,12	5,51	2,15	0,92	0,94
2036	0,46	0,13	0,55	4,11	5,51	2,03	0,92	0,94
2037	0,45	0,12	0,54	4,11	5,50	1,90	0,95	0,94
2038	0,44	0,11	0,53	4,09	5,50	1,75	0,95	0,94
2039	0,43	0,10	0,51	4,07	5,50	1,60	0,95	0,94
2040	0,42	0,10	0,50	4,04	5,50	1,44	0,95	0,94
2041	0,41	0,09	0,48	4,00	5,49	1,27	0,95	0,94
2042	0,41	0,09	0,47	3,94	5,49	1,11	0,91	0,94
2043	0,41	0,09	0,45	3,85	5,49	0,95	0,91	0,94
2044	0,40	0,08	0,44	3,74	5,48	0,81	0,91	0,94
2045	0,40	0,08	0,43	3,58	5,48	0,68	0,91	0,94
2046	0,39	0,08	0,41	3,39	5,48	0,56	0,91	0,94
2047	0,38	0,08	0,40	3,15	5,47	0,46	0,91	0,94
2048	0,37	0,08	0,39	2,88	5,47	0,37	0,91	0,94
2049	0,35	0,07	0,37	2,60	5,47	0,30	0,91	0,94
2050	0,34	0,07	0,36	2,31	5,46	0,24	0,91	0,94

Tabell VT2.7: Gjennomsnittlig spesifikt CO₂-utslipp i veitrafikk 2015-2050, for fratrekk for biodrivstoff, etter kjøretøytype. Gram per kjøretøykm.

År	I alt	Personbiler	Varebiler	Lastebil- /trekkbil	Busser	Kombinerte biler	Bobiler
2015	240	186	185	1070	790	305	308
2016	237	182	184	1085	788	305	308
2017	234	178	182	1097	793	305	308
2018	230	172	181	1107	790	305	308
2019	225	166	179	1113	787	306	308
2020	218	159	175	1116	787	305	308
2021	212	151	172	1118	782	306	308
2022	205	144	168	1120	775	305	308
2023	198	137	164	1121	765	305	308
2024	192	129	160	1124	750	305	308
2025	186	122	156	1127	731	305	308
2026	179	114	152	1129	710	305	308
2027	173	107	148	1131	688	305	308
2028	167	100	144	1132	666	305	308
2029	160	92	140	1133	645	305	308
2030	154	85	136	1134	625	305	308
2031	148	78	132	1135	606	305	308
2032	142	71	128	1136	587	305	308
2033	137	65	125	1137	567	305	308
2034	133	59	121	1137	544	305	308
2035	129	54	118	1136	520	305	308
2036	125	50	115	1135	492	305	308
2037	121	46	112	1133	461	305	308
2038	118	43	108	1130	426	305	308
2039	115	40	105	1126	390	305	308
2040	112	37	102	1119	351	305	308
2041	109	35	98	1111	311	305	308
2042	107	33	95	1100	272	305	308
2043	105	32	92	1085	234	304	308
2044	103	30	89	1064	198	304	308
2045	100	29	86	1038	166	304	308
2046	98	27	83	1004	137	304	308
2047	94	26	80	963	112	304	308
2048	91	25	77	917	91	304	308
2049	87	24	74	867	73	304	308
2050	83	23	71	817	58	304	308

DEL 3

ULYKKER

7 Innledning

I dette kapitlet vil vi estimere de marginale eksterne personskadestkostnadene for ulike transportmidler på veg, på bane og på sjø.

Estimeringen av de marginale eksterne personskadestkostnadene vil primært bygge på metode fra Lindberg (2001). Mer konkret vil vi summere kostnadselementer fra alle motpartulykketekombinasjoner, og legge til kostnadselementet fra ulykker uten motpart (Kjeldsen, 2013). Dette vil bli gjort separat for tre skadegrader: dødsfall, alvorlige skader og lettere skader.

Trinnene i estimeringen tar utgangspunkt i det registrerte skadeantallet (i motpartulykker mellom ulike transportmidler og «eneulykker») og trafikkarbeidet (samt transportarbeidet) i en gitt tidsperiode, nærmere bestemt fra og med 2006 til og med 2017. Dette gir grunnlag for å kunne estimere risikoen for skade (av en gitt skadegrad) i de ulike motpartskombinasjonene, samt risikoen for skade uten motpart. Risikoestimatene er det som inngår i kostnadsformlene. Det som også kan estimeres fra andelene skadde i motpartulykker er skadefordelingsparameteren, et element som også inngår i kostnadsformlene. Som allerede antydnet blir risikoestimatene og skadegradsfordeling gitt for hver skadegrad.

I kostnadsformlene må det også inngå en økonomisk verdsetting av personskaderisikoendringer. Denne verdsettingen består av to deler – en individuell verdsetting av risiko (endring) i forkant (ex ante) og en kostnad per skadd individ som antas å bli belastet andre enn det skadde individet selv – og som vi generelt kan kalle ex-post-kostnader.¹⁶

Det siste elementet som inngår i den eksterne marginale personskadestkostnadsformelen er risikoelastisiteten – den effekten på andres risiko som ett ekstra transportmiddel i trafikksystemet har. Hvis risikonivået er upåvirket av endringer i trafikkvolumet er risikoelastisiteten 0, hvis risikonivået øker er risikoelastisiteten positiv, og hvis risikonivået synker er risikoelastisiteten negativ (Vickrey, 1968; Newberry, 1988).

Fra Lindberg (2001, 2005) har vi følgende generelle formel for den marginale eksterne personskadestkostnaden:

$$\text{Marginal ekstern personskadestkostnad} = (1-\theta+E)ra+(1+E)rc \quad (3.1a)$$

Her refererer r til skaderisikoen, θ til andelen av skaden som individet (transportaktøren) påfører seg selv, E til risikoelastisiteten, og a og c til henholdsvis ex-ante-verdsettingen og ex-post-kostnaden.

Uttrykket for marginal ekstern personskadestkostnad kan også skrives på følgende måte:

$$Er(a+c)+(1-\theta)r(a+c)+\theta rc \quad (3.1b)$$

¹⁶ Lindberg (2001, 2005) inkluderer også en verdsettingskomponent som omfatter pårørendes verdsetting av skaderisiko. Vi inkluderer ikke dette, men en kan anta at denne komponenten er helt eller delvis inkludert i det vi benevner som individuell verdsetting av risiko ex ante (se også Flügel et al., 2017).

Omskrivingen tydeliggjør de tre kostnadskomponentene som inngår i den marginale eksterne personskadekostnaden (Jansson, 1994; Elvik, 1994):

- trafikkvolumeksternaliteten, $E r(a+c)$,
- den fysiske eksternaliteten, $(1-\theta)r(a+c)$, og
- systemeksternaliteten, $\theta r c$.

Fortegnet til trafikkvolumeksternaliteten vil følge fortegnet til risikoelastisiteten. Den fysiske eksternaliteten øker med den andelen av skaden som påføres motparten $(1-\theta)$, mens systemeksternaliteten øker med egen skadeandel (θ) . Alle kostnadskomponentene øker (i absolutt verdi) med skaderisikoen (r) og verdsettingen $(a+c)$ – dog systemeksternaliteten kun med ex-post-kostnaden (c) .

Hvis vi vurderer de marginale eksterne personskadekostnadene som påføres andre av et bestemt transportmiddel, X , for skadegrad i , og vi betegner motpartene \hat{Y} , og skiller mellom (den vektete) risikoen for skade i motpartulykke, $r_{X\hat{Y}}$, og risikoen for skade i ulykke uten motpart, r_{XO} , så kan vi formulere dette som:

$$\begin{aligned} \text{Marginal ekstern personskadekostnad } X_i &= E_{X\hat{Y}} r_{X\hat{Y}}(a_i+c_i) + E_{XO} r_{XO} c_i \\ &+ (1-\theta_{X\hat{Y}}) r_{X\hat{Y}}(a_i+c_i) \quad (3.1c) \\ &+ \theta_{X\hat{Y}} r_{X\hat{Y}} c_i + r_{XO} c_i \end{aligned}$$

Her er $E_{X\hat{Y}}$ en vektet risikoelastisitet for skaderisiko, av skadegrad i , tilknyttet transportmiddel X sine kollisjoner med andre trafikanter; $\theta_{X\hat{Y}}$ er vektet skadeandel (av skadegrad i) for transportmiddelet, X_i , i kollisjoner med andre trafikanter; og $r_{X\hat{Y}}$ er summert risiko for skade (av skadegrad i) for transportmiddel X og motpart \hat{Y} , delt på 2.¹⁷ E og θ er vektet mht. risikoen i hver motpartkombinasjon, og det er X sitt trafikkarbeid (kjøretøykm/togkm/fartøykm) som er risikomålet. Leddene $E_{XO} r_{XO} c_i$ og $r_{XO} c_i$ er bidragene fra ulykkene uten motpart.¹⁸

Den delen av den marginale skadekostnaden som kan regnes som intern (ikke en del av den eksterne kostnaden) er ex-ante-verdsettingen av skaden påført seg selv, dvs. $\theta r a$, eller, uttrykt for transportmiddel X for skadegrad i : $\theta_{X\hat{Y}} r_{X\hat{Y}} a_i + r_{XO} a_i$.

Summen av den marginale eksterne og den marginale interne gir den marginale personskadekostnaden: $(1+E)r(a+c)$, eller tilordnet transportmiddel X for skadegrad i : $(1+E_{X\hat{Y}})r_{X\hat{Y}}(a_i+c_i) + (1+E_{XO})r_{XO}c_i$. Vi ser at dette uttrykket blir lik gjennomsnittskostnaden om risikoelastisiteten, E , er 0: $r(a+c)$, eller tilordnet transportmiddel X for skadegrad i : $r_{X\hat{Y}}(a_i+c_i) + r_{XO}c_i$. Totalkostnaden er lik gjennomsnittskostnaden, $r(a+c)$, multiplisert med trafikkarbeidet, som vi kan benevne Q ; altså, for transportmiddel X for skadegrad i : $[r_{X\hat{Y}}(a_i+c_i) + r_{XO}c_i] \times Q_X$.

Vi vil i slutten kapitlet komme tilbake til disse formlene, etter at vi har gått gjennom alle stegene i beregningen, der vi tar for oss alle inkluderte transportmidler, med motparter, celle for celle.

¹⁷ Vi må dele summen av skade (skaderisiko) på to (når vi både tar med X og \hat{Y} sin skade i kollisjonene), for ellers vil vi dobbelt-telle når vi summerer over transportmidler. Samtidig må begge parter skade og risiko inngå i formelen for at skadefordelingen og eksternalitetsformelen skal få mening.

¹⁸ Vi vil i vår analyse operere med $E_{X\hat{Y}} \neq E_{XO}$ (og $r_{X\hat{Y}} \neq r_{XO}$), men alternativt kunne man generelt anta θ lik 1 for skader uten motpart og beregne felles vektete E og r for alle skader (av skadegrad i). Da kunne man ha brukt uttrykket i formel 3.1a (og 3.1b) direkte (uten splitting mellom motpartulykker og ulykker uten motpart).

7.1 Kategorisering

7.1.1 Transportulykker og risikointernalisering – prinsipielle vurderinger

Transport omfatter forflytninger fra et utgangspunkt til en destinasjon med et formål knyttet til destinasjonen. Vi har to hovedkategorier av transport:

- persontransport, og
- godstransport.¹⁹

Når vi skal estimere de marginale eksterne ulykkeskostnadene for mange vegtransporttyper, samt skinnegående transport og sjøtransport, må vi

- i. avklare hva som kvalifiserer som transportulykker, og
- ii. avklare hvordan vi fordeler total ulykkeskostnad mellom internalisert og ekstern kostnad.

Vedrørende punkt i. vil vi i utgangspunktet bygge på transportdefinisjonen. Dermed vil vi prinsipielt inkludere eneulykker blant fotgjengere i transport, samt inkludere skadde ansatte på persontransportmiddel og godstransportmiddel når ulykkene skjer i transport. Vi vil prinsipielt ikke inkludere ulykker blant ansatte på transportmiddel når ulykkene ikke skjer i transport; dvs. at vi f.eks. vil utelate ulykker på fiskefartøy som ikke skjer i transporten mellom kai og fiskefelt, og noe tilsvarende for andre skipsulykker. For ulykker som rammer ansatte som skjer ved stopp/opphold på stasjoner/terminaler vil det kunne være vanskeligere å få avklart om ulykken har skjedd i forbindelse med transport eller om ulykken kun bør klassifiseres som arbeidsulykke/næringsulykke. Også for jernbanen har vi tatt ut noen skadde/drepte ansatte i ulykker som kan vurderes å ha skjedd utenom transport.²⁰

Vedrørende punkt ii. vil vi legge til grunn følgende om internalisering/eksternalisering av ulykkeskostnaden for involverte parter:

1. Førere av kjøretøy/tog/fartøy internaliserer skaderisikoen (egen skadekostnad) ved eneulykke med kjøretøyet/toget/fartøyet, samt sin egen skaderisiko og medpassasjerers/ansattes skaderisiko i kollisjon med motpart.
2. Andre ansatte på kjøretøy/tog/fartøy internaliserer skaderisikoen ved eneulykke med kjøretøyet/toget/fartøyet, samt sin egen skaderisiko ved kollisjon med motpart.

¹⁹ I jernbanestatistikk skiller en ut forflytning/skifte med arbeidsmaskiner. (Noe liknende kunne for så vidt gjøres for anleggsmaskiner og drift/vedlikehold i vegtransport, og muligens noe tilsvarende også for sjøtransport.) For jernbanen vil vi inkludere forflytninger med arbeidsmaskiner sammen med godstransporten. Men, ved forflytning av arbeidsmaskiner inkluderer vi ikke skader/dødsfall blant ansatte.

²⁰ I jernbaneulykkesstatistikken finnes et tilfelle der en person klatrer opp på et stillestående tog og blir alvorlig skadet av elektrisk støt fra kjøreledningen. Dette er så langt vi kan forstå en ulykke som skjer som resultat av å utføre en ulovlig aktivitet, ikke en transportulykke, og denne er blitt tatt ut av vår statistikk. Et noe beslektet tema er blitt tatt opp av Transportetatene og Avinor (2018), at transportinfrastrukturen også blir benyttet som arena for selvvalgte dødsulykkesforsøk. For vegtransporten regnes generelt alle ulykker i veginfrastrukturen (unntatt eneulykker blant fotgjengere) som transportulykker, uansett om reisene hadde et formål eller var rekreasjon uten destinasjonsformål. Om en skulle følge samme praksis for sjøtransporten så burde alle fritidsbåtulykker på sjøen tas med som transportulykker. Selv om etablert praksis i vegtransportsektoren utelater eneulykker blant fotgjengere (i transport), så finner vi det mest korrekt å inkludere disse i beregningen av marginale eksterne ulykkeskostnader (se også Olofsson et al. 2016).

3. Passasjerer på kjøretøy/tog/fartøy internaliserer skaderisikoen ved eneulykke med kjøretøyet/toget/fartøyet, samt sin egen skaderisiko ved kollisjon med motpart.²¹
4. Ingen aktør internaliserer skaderisikoen til motpart.

Internalisering, eller graden av internalisering, vil bl.a. avhenge av kjennskap til skaderisikoen. Punktene ovenfor impliserer egentlig full informasjon om egen skaderisiko, noe som ikke er opplagt. Punkt 1 (og dermed 2 og 3) kan også være problematisk mht. internalisering hvis føreren av kjøretøyet/toget/fartøyet er bedre sikret enn passasjerene ved evt. ulykke.

7.1.2 Eksterne effekter

Vi vil basere oss på følgende tredeling av den eksterne effekten av transportulykker – effekter som vi antar at individene *ikke* tar hensyn til i sine transportvalg:

- Systemeksternalitet: Kostnader som individene påfører samfunnet – de kostnaden (medisinske, produksjonsbortfall, materielle, miljøskade) som oppstår når ulykker inntreffer (ex post) og som de skadde individene ikke selv dekker.
- Fysisk ekternalitet: Kostnader som individene påfører motpart i ulykker, som omfatter verdsetting av risikoen i forkant (ex ante, «velferdseffekten») pluss ex-post-kostnaden.
- Trafikkvolumeksternalitet: Kostnader som individene påfører andre transportbrukere ved at individet selv foretar transport og transportmiddelvalg, som omfatter hele ulykkeskostnadsgrunnlaget (verdsetting av risikoen i forkant, ex ante, dvs. «velferdseffekten»), pluss ex-post-kostnaden).

Trafikkvolumeksternaliteten kan være en «negativ kostnad», således at en ekstra transportbruker kan bidra til å redusere andre transportbrukeres skaderisiko. Det er størrelsen på risikoelastisiteten (ulykkeselastisiteten minus 1) som i stor grad bestemmer den estimerte trafikkvolumeksternaliteten. Det er også risikoelastisitet ulik null som bidrar til at den marginale skadekostnaden generelt ikke er lik den gjennomsnittlige skadekostnaden. Fridstrøm (1999) estimerte ulykkeselastisiteten for flere typer motpartulykker, og disse ble forsøkt tillempet i Thune-Larsen et al. (2014). Men vi finner at dette grunnlaget blir for tynt for vårt formål, og dessuten går datagrunnlaget i Fridstrøm (1999) langt tilbake i tid. Uten annen informasjon setter vi risikoelastisiteten lik 0 i alle typer ulykker, uansett motpart, og tilsvarende for ulykker uten motpart. Dette medfører at trafikkvolumelastisiteten også vil bli 0 (og den marginale personskadekostnaden lik den gjennomsnittlige personskadekostnaden). Effekten av denne forutsetningen vil bli testet i følsomhetsanalyse, der vi alternativt setter inn negativ risikoelastisitet, som dermed gir negativ trafikkvolumeksternalitet.

Angående systemeksternaliteten så påpeker Fridstrøm (2011) at forsikringsordninger bidrar til å eksterne, ikke internalisere skadekostnadene for individene. Generelt vil vi ikke regne på hvor mye som internaliseres eller eksterne med eksisterende avgifter, prikkbelastningssystemer og/eller forsikringsordninger, om enn disse eksisterende ordningene påvirker transportbrukernes atferd, og dermed også ulykkeskostnadene.²²

²¹ For jernbane brukes begrepet «3. person», i tillegg til ansatte og passasjerer, og tredjepersonen oppfatter vi da som motparter, enten fotgjengere eller noen i kjøretøy som blir påkjørt av («kolliderer med») tog, og dette omfatter også 3. personer som blir truffet på planoverganger eller på annet sted (f.eks. plattformen), samt det som benevnes som sammenstøt.

²² Én ulykkeskostnadskomponent som tidligere har vært utelatt, men som det kunne være grunn til å inkludere, er de materielle skadene. For vegtransporten opereres det med gjennomsnittlige materialkostnader per ulykke, lik 38.000 kroner (2016-kroner, Statens vegvesen, 2018, s. 87). For jernbaneulykker vil

Ulykkeskostnadene vil bli gitt differensiert mellom «lettere skadde», «hardt skadde» (dvs. alvorlig og meget alvorlig skadde) og «døde». Systemeksternaliteten vil inkluderes for alle skadde i transportulykker, og den fysiske eksternaliteten vil fordeles mellom alle typer motparter (Lindberg, 1999; Econ, 2003; Cowi, 2004).

7.1.3 Dataperiode og spesifiserte kjøretøy, tog, fartøy

Følgende tabell viser oppgitte og estimerte kjøretøy-/tog-/fartøykilometer i årene fra og med 2006 til og med 2017.²³

Tabell 7.1: Estimerte millioner kjøretøykilometer/togkilometer/fartøykilometer - 2006-2017.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2006-2017	årsgj. snitt
Fotgjenger	1 824	1 815	1 807	1 798	1 937	2 075	2 213	2 351	2 384	2 417	2 449	2 482	25 552	2 129
Sykkel	769	778	788	797	879	960	1 042	1 124	1 153	1 183	1 212	1 242	11 928	994
Moped	485	498	514	529	540	551	560	567	571	575	576	566	6 532	544
Lett MC	55	55	52	55	57	59	62	64	66	70	74	78	747	62
Tung MC	547	573	600	635	662	686	709	732	757	789	825	856	8 371	698
Bil < 1200 kg	8 837	7 628	8 033	7 628	7 054	6 760	6 525	6 247	6 021	5 826	5 578	5 630	81 767	6 814
Bil 12-1400 kg	9 200	9 660	9 588	9 660	9 461	9 583	9 647	9 582	9 528	9 400	9 195	9 279	113 783	9 482
Bil 14-1600 kg	5 574	8 001	7 329	8 001	8 298	9 062	9 884	10 612	11 202	11 753	12 293	12 407	114 417	9 535
Bil > 1600 kg	4 034	5 530	5 089	5 530	5 032	5 622	6 184	6 793	7 429	8 084	8 712	8 792	76 832	6 403
Buss	472	480	496	491	504	513	516	518	515	515	526	537	6 083	507
Kombibil	1 145	1 046	908	781	676	585	502	427	357	305	254	207	7 193	599
Varebil	5 143	5 807	6 222	6 246	6 342	6 459	6 733	6 768	6 767	6 746	6 842	6 958	77 032	6 419
Lastebil	694	711	768	719	757	753	808	845	863	863	921	933	9 634	803
Tankbil	36	37	40	38	40	40	42	44	45	45	48	49	506	42
Semitrailer	478	489	529	495	521	518	556	582	594	594	634	643	6 633	553
Vogntog	401	411	444	416	438	435	467	488	498	498	532	539	5 566	464
Trikk	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	7	62	5
T-bane	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	8	9	80	7
Passasjertog	36	34	35	34	35	35	36	38	38	41	39	40	442	37
Godstog	11	13	12	11	14	13	11	10	11	11	11	11	139	12
Passasjerskip	10	10	10	10	10	11	15	16	17	19	21	21	171	14
Lasteskip	35	35	35	35	35	36	41	43	46	46	45	47	478	40
Fiskefartøy	9	9	9	9	9	10	13	14	15	15	15	15	143	12
Fritidsfartøy	700	705	709	714	718	723	727	732	736	741	745	750	8 700	725
Annet, veg	1 093	1 138	914	792	546	568	451	312	257	228	67	40	6 409	534
Total veg	40 787	44 658	44 120	44 612	43 744	45 230	46 903	48 054	49 008	49 891	50 738	51 240	558 984	46 582
Total bane	56	56	57	55	60	60	59	61	62	65	65	67	724	60
Total sjø	754	759	763	768	772	780	796	806	815	821	827	833	9 493	791
Total	41 597	45 473	44 940	45 435	44 576	46 070	47 758	48 920	49 885	50 776	51 630	52 140	569 201	47 433

Merknad: Hoveddatakilde er SSB, med tilleggsopplysninger fra Farstad (2018), fra Hjorthol et al. (2014) for sykling og gange (lineært interpolert mellom 2005, 2009 og 2013, og ekstrapolert videre til 2017), og fra Statens jernbanetilsyn (årsrapporter fra 2009 til 2017) for bane, samt Jernbanedirektoratet (for perioden 2006-2016). Estimert for fritidsfartøy er basert på Sjøfartsdirektoratet (2012) og Amundsen og Bjørnskau (2017), med antallet fartøy fra førstnevnte (ca 700.000 i starten av perioden) og årlig reiselengde fra sistnevnte (ca 1000 km), med antatt lineær økning i båtantalet til 750.000 i 2017. Estimerte kjørelengder for de fire bilvektkategoriene er underlagsmateriale fra Høye (2017). For tyngre godskjøretøy oppgir SSB kjørelengde for tankbiler og trekkvogner for semitrailere (satt lik semitrailer); kjørelengden for vogntog er satt lik kjørelengden for lastebiler med nyttelast over 11 tonn, mens de øvrige kategoriene (andre spesialbiler og lastebiler med nyttelast mellom 3,5 og 11 tonn) er satt under lastebil.

materialkostnaden være betydelig høyere. Vi finner likevel ikke mulighet til å inkludere materielle skader her, kun personskader. Miljøskader/uhellsutslipp ved ulykker er håndtert i Del 7 (Akutte utslipp).

²³ Transportetatene og Avinor (2018) foreslo å begrense dataperioden til 2013-2017. Imidlertid er dette problematisk da en for flere av motpartmulighetene, og særlig for høyere skadegrader, vil ha relativt få observasjoner, noe som reduserer presisjonen i risikostimeringen (Fridstrøm, 1999). Dataperioden kunne gjerne vært lengre, f.eks. fra 1998 til 2017, kombinert med en hensyntaken til eventuelle trender i skadeantallet over tid (Høye, 2014; 2016). Spesifiseringen av kjøretøy-/tog-/fartøygrupper begrenses primært av manglende parallell informasjon om skadeantall og trafikk-/transportarbeid (men vi kunne f.eks. inkludert drosje som egen kategori).

Følgende tabell viser oppgitte og estimerte personkilometer i årene fra og med 2006 til og med 2017.

Tabell 7.2: Estimerte millioner personkilometer - 2006-2017.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2006-2017	årsgj. snitt
Fotgjenger	1 824	1 815	1 807	1 798	1 937	2 075	2 213	2 351	2 384	2 417	2 449	2 482	25 552	2 129
Sykkel	769	778	788	797	879	960	1 042	1 124	1 153	1 183	1 212	1 242	11 928	994
Moped	485	498	514	529	540	551	560	567	571	575	576	566	6 532	544
Lett MC	61	59	56	59	61	64	66	69	71	75	79	83	803	67
Tung MC	656	659	690	730	762	789	816	842	870	907	949	984	9 654	805
Bil < 1200 kg	15 764	12 979	13 740	13 217	12 302	11 875	11 307	10 940	10 817	10 589	9 988	10 179	143 695	11 975
Bil 12-1400 kg	16 411	16 436	16 400	16 737	16 499	16 836	16 717	16 780	17 116	17 086	16 463	16 778	200 258	16 688
Bil 14-1600 kg	9 943	13 613	12 536	13 863	14 470	15 920	17 128	18 584	20 123	21 362	22 012	22 433	201 987	16 832
Bil > 1600 kg	7 196	9 409	8 704	9 581	8 775	9 877	10 716	11 895	13 346	14 693	15 600	15 898	135 691	11 308
Buss	4 258	4 268	4 341	4 452	3 887	3 798	3 788	3 738	3 793	4 089	4 331	4 235	48 978	4 082
Kombibil	1 567	1 432	1 243	1 069	925	801	687	584	488	417	347	284	9 845	820
Varebil	7 038	7 948	8 516	8 548	8 680	8 841	9 215	9 263	9 262	9 233	9 364	9 524	105 432	8 786
Lastebil	761	779	842	789	830	825	886	926	946	946	1 009	1 023	10 561	880
Tankbil	40	41	44	41	44	43	46	49	50	50	53	54	554	46
Semitrailer	524	536	580	543	572	568	610	638	651	651	695	704	7 272	606
Vogntog	440	450	486	456	480	477	512	535	546	546	583	591	6 102	509
Trikk	117	118	127	143	150	159	199	222	230	243	248	237	2 192	183
T-bane	387	399	437	466	479	510	516	477	525	566	636	706	6 104	509
Passasjertog	2 793	2 910	3 059	2 996	3 154	3 036	3 207	3 311	3 458	3 569	3 708	4 169	39 370	3 281
Godstog	17	19	18	16	21	20	16	15	17	16	16	17	209	17
Passasjerskip	850	853	858	815	853	867	850	778	803	847	1 073	1 080	10 527	877
Lasteskip	175	175	175	175	175	180	205	217	228	228	226	233	2 391	199
Fiskefartøy	45	45	45	45	45	49	67	72	77	75	76	75	716	60
Fritidsfartøy	2 100	2 114	2 127	2 141	2 155	2 168	2 182	2 195	2 209	2 223	2 236	2 250	26 100	2 175
Annet, veg	1 203	1 252	1 006	871	601	625	496	343	283	251	74	44	7 050	587
Total veg	68 939	72 952	72 293	74 080	72 241	74 925	76 805	79 227	82 472	85 069	85 785	87 105	931 893	77 658
Total bane	3 314	3 446	3 641	3 621	3 804	3 725	3 938	4 025	4 229	4 394	4 608	5 129	47 875	3 990
Total sjø	3 170	3 187	3 205	3 176	3 228	3 264	3 304	3 262	3 318	3 372	3 612	3 638	39 735	3 311
Total	75 423	79 584	79 139	80 877	79 273	81 914	84 047	86 514	90 019	92 835	94 005	95 872	1 019 503	84 959

Merknad: Hoveddatakilde er SSB, med tilleggsopplysninger fra Farstad (2018), og fra Statens jernbanetilsyn (årsrapporter fra 2009 til 2017) for bane, samt Jernbanedirektoratet (for perioden 2006-2016). (For moped, sykling og gange er personkilometer satt lik kjøretøykilometer.) Det estimerte gjennomsnittlige passasjerantallet i godstransport (1,1) er basert på underlagsmateriale for godstransport på veg benyttet av Elvik (2008). Et estimat for det gjennomsnittlige antallet ombord i fiskefartøy (fem) er basert på Lie et al. (2005), og samme antall er satt for lasteskip. Et estimat for det gjennomsnittlige antallet ombord i fritidsfartøy (tre) er basert på Amundsen og Bjørnskau (2017). For godstog er antallet ombord satt til 1,5. Antallet i personbiler er satt likt for de fire bilvektkategoriene.

Vi har i tabellen over også tatt med anslag på personkilometere for godstransporten (for også å kunne sammenlikne risikoen per personkm for alle transportmidlene), selv om vi for godstransporten vurderer transportarbeidet i tonnkilometer.

Følgende tabell viser oppgitte og estimerte tonnkilometer, for godstransporten, i årene fra og med 2006 til og med 2017.

Tabell 7.3: Estimerte millioner tonnkilometer - 2006-2017.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2006-2017	årsgj. snitt
Kombibil	126	115	100	90	80	70	61	51	41	31	26	21	812	68
Varebil	566	639	684	685	685	685	686	686	686	687	697	708	8 093	674
Lastebil	2 096	2 145	2 318	2 172	2 286	2 273	2 440	2 550	2 604	3 297	2 152	2 752	29 085	2 424
Tankbil	172	176	190	178	187	186	200	209	213	187	316	169	2 382	199
Semitrailer	6 533	6 687	7 226	6 770	7 127	7 084	7 605	7 949	8 118	7 917	9 005	8 641	90 661	7 555
Vogntog	5 332	5 457	5 897	5 525	5 816	5 781	6 206	6 487	6 625	7 169	6 524	7 169	73 988	6 166
Godstog	2 800	2 900	3 000	2 900	2 000	2 100	2 100	2 500	2 500	2 600	2 800	2 800	31 000	2 583
Lasteskip	59 900	61 800	62 400	54 700	60 734	66 596	68 000	63 114	63 634	69 182	69 987	70 497	770 544	64 212
Total veg	14 824	15 218	16 415	15 420	16 181	16 079	17 196	17 932	18 288	19 288	18 719	19 460	205 021	17 085
Total	77 524	79 918	81 815	73 020	78 915	84 775	87 296	83 546	84 422	91 070	91 506	92 757	1 006 565	83 880

Merknad: Hoveddatakilde er SSB, med tilleggsopplysninger fra Farstad (2018), og fra Statens jernbanetilsyn (årsrapporter fra 2009 til 2017) for bane, samt Jernbanedirektoratet (2006-2016). Trafikkarbeid og transportarbeid (tonnkm) som entydig kan fordeles mellom tankbiler, semitrailere, vogntog, og (andre) lastebiler (slik de tyngre godskjøretøy er fordelt i ulykkesstatistikken), er ikke direkte tilgjengelig fra SSBs statistikk. Beregningene for perioden 2015-2017 er basert på egne beregninger/uttrekk fra lastebilundersøkelsen. For årene 2006-2014 har vi benyttet samme fordeling mellom disse tyngre kjøretøyene som i 2015-2017. For små godskjøretøy (med tillatt nyttelast under 3,5 tonn), varevogner og kombibiler (og lette lastebiler), finnes ingen årlig statistikk for transportarbeidet (tonnkm). Vi har benyttet den statistikken som finnes for transportarbeidet med små godsbiler i perioden, dvs. 2008 og 2015. For årene fra 2006 til 2007 har vi brukt samme forhold mellom trafikkarbeidet og transportarbeidet som i 2008, for årene mellom 2008 og 2015 har vi benyttet et vektet gjennomsnitt av 2008 og 2015, og for årene fra 2016 til 2017 har vi brukt samme forhold mellom trafikkarbeidet og transportarbeidet som i 2015.

Trafikkarbeidet og transportarbeidet vil sammen med skadetall brukes til å estimere risikoen for skade, per distanse mål, for alle motpartulykkeskombinasjoner og ulykke uten motpart.

7.2 Offisielle skadedata – 2006-2017

7.2.1 Skadedata fra Statistisk sentralbyrå (SSB)

Følgende tabeller viser årlige gjennomsnittlige skadetall basert på offisielle, politirapporterte data fra SSB. Disse er gitt for perioden 2006-2017, fordelt på motpartulykker og eneulykker, i tre tabeller: dødsfall, harde skader (dvs. alvorlige og meget alvorlige skader), og lettere skader.

Tabell 7.4: Offisielt rapporterte dødsfall i transportulykker i perioden 2006-2017 - årlige gjennomsnitt; drepte i transportmiddel X i kollisjoner med transportmiddel Y - Kilde: SSB.

X	Y																						Total
	Fotgjenger	Sykkel	Moped	Lett MC	Tung MC	Bil < 1200 kg	Bil 12-1400 kg	Bil 14-1600 kg	Bil > 1600 kg	Buss	Kombi-bil	Vare-bil	Lastebil	Tank-bil	Semi-trailer	Vogn-tog	Trikk	Tog	Bil u/vekt	Annet (vegtransport)	Ingen motpart		
Fotgjenger	0,6	0,3	0,1	-	0,2	2,7	2,4	2,5	1,6	1,5	-	0,6	2,7	0,2	0,5	0,2	0,6	-	3,0	1,6	2,4	23,7	
Sykkel	0,2	0,8	-	-	0,1	0,9	0,6	0,6	0,4	0,2	-	0,3	1,2	-	0,2	0,3	0,1	0,1	0,7	0,5	2,4	9,5	
Moped	-	-	0,1	-	0,1	0,3	0,4	0,1	0,2	0,1	-	0,1	0,2	-	0,1	0,1	-	-	0,1	-	1,1	2,8	
Lett MC	-	-	-	-	-	0,2	0,2	0,1	0,1	-	-	0,1	0,2	-	0,1	-	-	0,1	0,4	0,3	1,5	3,2	
Tung MC	-	0,1	-	0,1	0,4	2,0	2,1	1,2	1,0	0,1	-	0,9	0,6	-	0,3	0,4	-	-	1,6	1,1	9,4	21,3	
Bil < 1200 kg	0,1	0,1	0,1	-	0,1	1,4	2,9	2,6	1,4	0,6	0,5	1,1	3,4	0,3	2,1	2,0	-	-	2,1	0,8	10,7	32,2	
Bil 12-1400 kg	-	0,1	-	-	0,1	1,4	2,2	2,0	1,9	0,9	0,4	1,0	4,2	0,4	1,4	1,6	-	-	1,4	1,1	11,4	31,5	
Bil 14-1600 kg	0,1	-	-	-	-	0,8	0,8	1,2	0,3	0,3	0,1	0,3	1,3	0,2	1,0	1,1	0,1	0,1	0,2	0,6	5,1	13,6	
Bil > 1600 kg	-	0,2	-	-	-	0,4	0,3	0,3	0,4	0,2	0,1	0,1	0,7	0,1	0,4	0,9	-	-	0,2	0,1	2,8	7,3	
Buss	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,4	-	0,1	-	-	-	0,3	-	-	-	-	1,3	2,2	
Kombibil	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	0,2	-	-	0,1	-	-	-	-	-	0,2	0,5	
Varebil	-	-	-	-	-	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	-	0,2	1,2	0,3	0,5	0,4	-	-	0,3	0,2	1,3	5,5	
Lastebil	-	0,1	-	-	-	0,1	-	-	0,1	0,2	-	-	0,1	-	0,3	-	-	-	0,2	0,2	2,2	3,3	
Tankbil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,1	
Semitrailer	-	-	-	-	-	0,1	-	0,1	-	-	-	0,1	0,1	-	-	0,1	-	0,1	-	0,1	1,5	2,1	
Vogn-tog	-	-	-	-	-	0,1	0,1	-	-	-	-	-	0,1	-	-	0,2	-	-	0,1	-	0,7	1,2	
Trikk	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Tog	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bil u/vekt	-	-	-	-	-	1,1	0,7	0,5	0,1	0,3	-	0,2	2,1	0,2	1,4	1,0	-	0,1	2,5	0,7	6,1	17,1	
Annet (vegtransport)	-	-	-	0,1	0,1	0,1	0,4	0,4	0,4	0,2	0,1	0,5	0,3	-	0,4	0,2	-	0,1	0,2	0,6	3,4	7,4	
Total	1,0	1,7	0,3	0,1	1,0	11,8	13,4	11,9	8,2	5,3	1,1	5,7	18,1	1,7	8,7	8,9	0,7	0,4	12,9	7,8	63,4	184,1	

Merknad: Skadeantallene er justert for å unngå dobbelttelling, dvs. at en med flere motparter per ulykke/skade kunne ha skader som inngikk i flere kolonner.

Tabell 7.5: Offisielt rapporterte harde skader i transportulykker i perioden 2006-2017 - årlige gjennomsnitt: hardt skadde i transportmiddel X i kollisjoner med transportmiddel Y - Kilde: SSB.

X	Y																						Total
	Fotgjenger	Sykkel	Moped	Lett MC	Tung MC	Bil < 1200 kg	Bil 12-1400 kg	Bil 14-1600 kg	Bil > 1600 kg	Buss	Kombi-bil	Vare-bil	Lastebil	Tank-bil	Semi-trailer	Vogn-tog	Trikk	Tog	Bil u/vekt	Annet (vegtransport)	Ingen motpart		
Fotgjenger	3,5	2,4	1,0	0,4	0,8	17,4	15,6	11,3	6,5	6,2	1,0	5,0	3,2	0,2	0,8	0,4	1,4	0,2	15,0	3,7	10,2	106,3	
Sykkel	0,7	10,0	0,7	0,2	0,7	10,3	9,1	4,9	4,8	1,0	0,2	3,2	3,1	0,2	0,3	0,2	0,2	-	9,4	2,2	10,2	71,7	
Moped	0,2	-	2,4	0,3	0,1	4,5	3,2	2,5	2,1	0,3	-	1,0	0,8	0,1	0,1	0,2	-	0,1	3,6	1,0	9,9	32,4	
Lett MC	0,2	0,1	0,4	0,6	0,4	2,3	2,2	1,7	1,8	0,5	0,2	1,2	0,2	-	0,1	0,1	-	-	2,1	0,3	7,7	21,9	
Tung MC	0,2	0,5	0,5	0,2	2,4	9,0	7,9	5,0	4,3	0,9	0,2	3,6	1,6	0,1	0,6	0,7	0,2	0,2	6,8	3,6	39,7	88,1	
Bil < 1200 kg	0,4	0,4	0,2	0,1	0,4	10,7	15,6	12,4	7,3	1,8	0,9	5,3	5,0	0,4	3,4	2,2	-	0,1	8,9	3,6	48,8	127,9	
Bil 12-1400 kg	0,4	0,3	0,1	-	0,3	8,4	9,5	9,1	6,3	2,3	0,5	3,7	5,0	0,1	1,7	2,0	0,2	-	7,0	2,4	39,9	99,3	
Bil 14-1600 kg	-	0,1	-	-	0,1	3,3	6,5	6,6	4,0	0,8	0,1	2,6	2,1	0,6	1,4	1,3	0,1	-	3,1	1,2	20,3	54,2	
Bil > 1600 kg	0,2	0,1	0,1	-	0,1	2,0	2,6	2,8	1,4	0,6	0,1	0,5	1,3	-	0,3	0,8	0,1	-	1,8	1,4	10,1	26,3	
Buss	-	-	-	-	-	0,2	0,5	0,3	0,1	1,0	-	0,1	0,4	0,3	0,1	0,3	-	-	0,4	0,1	2,5	6,3	
Kombibil	-	-	-	-	-	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	-	-	0,1	0,3	1,1	3,4	
Varebil	0,1	0,1	-	0,1	0,1	1,0	1,3	1,2	0,3	0,3	0,1	1,5	2,1	-	0,8	0,4	-	-	1,0	0,8	7,3	18,4	
Lastebil	-	-	-	-	0,1	0,7	0,6	0,4	0,4	0,3	-	0,2	1,3	0,1	0,4	0,4	-	-	0,4	0,2	3,3	8,8	
Tankbil	-	-	-	-	-	0,1	-	0,1	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	0,3	0,6	
Semitrailer	-	-	-	-	-	0,1	0,1	0,1	0,1	-	-	0,1	0,2	-	0,5	0,3	-	-	0,1	0,4	3,3	5,2	
Vogntog	-	-	-	-	-	0,3	0,1	0,1	-	0,1	-	-	0,4	-	0,2	0,1	-	-	0,1	0,1	1,3	2,6	
Trikk	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	0,1	
Tog	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bil u/vekt	0,2	0,3	0,3	0,3	0,1	2,8	4,4	4,3	2,7	1,0	0,1	2,5	2,8	0,5	1,3	1,5	0,1	0,1	13,4	1,6	27,8	68,2	
Annet (vegtransport)	-	-	0,2	0,2	0,2	1,0	1,5	1,4	1,0	0,5	0,1	1,1	0,4	-	0,6	0,5	0,1	-	1,1	3,0	11,6	24,3	
Total	6,2	14,3	5,9	2,4	5,7	74,4	81,0	64,6	43,1	17,6	3,6	31,7	30,1	2,7	12,9	11,5	2,3	0,6	74,6	25,7	255,1	766,0	

Merknad: Skadeantallene er justert for å unngå dobbelttelling, dvs. at en med flere motparter per ulykke/skade kunne ha skader som inngikk i flere kolonner.

Tabell 7.6: Offisielt rapporterte lettere skader i transportulykker i perioden 2006-2017 - årlige gjennomsnitt: lettere skadde i transportmiddel X i kollisjoner med transportmiddel Y - Kilde: SSB.

X	Y																					
	Fotgjenger	Sykkel	Moped	Lett MC	Tung MC	Bil < 1200 kg	Bil 12-1400 kg	Bil 14-1600 kg	Bil > 1600 kg	Buss	Kombibil	Varebil	Lastebil	Tankbil	Semitrailer	Vogntog	Trikk	Tog	Bil u/vekt	Annet (vegtransport)	Ingen motpart	Total
Fotgjenger	31,5	14,3	7,3	2,2	3,9	106,7	93,8	64,4	40,1	21,1	3,2	25,5	8,1	0,1	0,9	1,9	4,8	0,2	87,1	17,1	30,3	564,6
Sykkel	7,4	42,7	8,2	1,0	5,5	98,9	88,2	56,8	34,3	8,6	3,0	23,4	7,7	0,1	1,1	1,6	0,9	-	76,8	12,5	30,3	508,9
Moped	4,3	5,3	28,7	1,5	2,3	53,1	47,4	34,3	16,0	3,1	1,1	12,9	3,9	0,2	1,0	0,9	0,2	-	35,8	7,0	93,8	352,8
Lett MC	1,4	0,7	2,1	7,4	1,0	16,3	12,2	12,0	5,8	0,6	0,6	2,8	1,8	-	0,1	0,1	-	-	10,6	2,8	37,8	116,1
Tung MC	2,4	3,6	1,7	0,6	16,5	37,0	36,0	26,1	14,1	2,6	1,6	8,2	5,1	0,6	0,6	0,6	-	-	29,2	8,3	126,6	321,5
Bil < 1200 kg	9,4	8,9	6,0	2,2	8,2	219,4	268,4	180,9	103,0	23,6	9,1	62,6	57,7	1,8	16,7	14,9	2,5	0,6	144,6	32,1	509,8	1682,1
Bil 12-1400 kg	8,2	5,9	4,3	1,4	8,0	217,9	142,0	150,7	92,1	17,8	5,2	54,1	44,3	1,7	17,1	12,4	2,1	0,3	117,4	29,8	415,8	1348,6
Bil 14-1600 kg	4,9	3,7	3,1	0,7	4,7	134,5	131,9	65,1	69,8	10,6	2,8	33,9	30,3	1,0	10,8	8,0	1,2	0,2	74,8	17,9	202,1	812,2
Bil > 1600 kg	3,3	1,6	1,5	0,5	1,8	57,0	67,0	51,1	21,8	6,5	2,4	16,5	13,7	0,1	5,8	2,6	1,0	0,3	37,8	8,3	104,0	404,6
Buss	1,2	0,5	0,1	0,1	0,4	7,6	6,0	5,9	3,1	14,7	0,3	2,5	7,0	1,3	1,2	2,4	1,7	-	5,1	2,1	37,3	100,6
Kombibil	0,4	0,1	0,1	-	0,7	4,8	3,6	3,1	2,1	0,9	1,1	2,6	1,5	0,1	0,9	0,4	-	-	1,9	0,8	12,2	37,3
Varebil	1,6	1,9	1,1	0,3	1,0	27,6	29,4	20,1	13,0	3,8	2,2	19,7	13,3	0,3	4,0	3,1	0,6	-	17,4	7,3	80,4	248,1
Lastebil	0,6	0,4	0,4	0,1	0,5	6,9	7,3	4,2	2,5	1,2	0,5	3,3	8,3	0,1	2,4	1,6	0,1	-	5,8	2,0	34,8	82,8
Tankbil	-	-	-	-	-	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	-	0,1	-	0,2	0,2	0,1	-	0,1	0,3	0,1	4,0	5,7
Semitrailer	-	0,2	0,1	-	-	1,7	2,0	1,7	0,5	0,2	0,1	1,0	1,4	0,1	2,7	0,5	-	-	1,7	0,8	27,0	41,6
Vogntog	0,1	-	-	-	0,1	1,5	1,1	1,1	0,4	0,3	0,1	0,6	1,2	-	0,4	0,9	-	-	1,2	0,7	11,2	21,0
Trikk	-	-	-	-	-	0,1	0,3	0,3	0,1	0,2	-	-	0,3	-	-	-	0,3	-	0,3	-	-	1,8
Tog	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	0,3	0,1	-	0,7
Bil u/vekt	5,7	4,1	2,9	0,7	4,8	83,1	73,3	58,4	37,9	9,1	2,2	23,3	28,3	0,9	9,4	7,0	1,9	0,1	178,6	17,4	277,6	826,7
Annet (vegtransport)	1,0	1,5	0,6	0,5	1,2	17,1	18,3	16,6	7,8	2,2	0,6	6,9	7,5	0,1	2,2	1,8	0,3	0,1	16,8	14,1	59,3	176,4
Total	83,2	95,5	68,2	19,1	60,5	1091,6	1028,5	752,7	464,5	127,1	36,1	299,9	241,8	8,5	77,6	60,8	17,5	2,0	843,6	181,2	2093,9	7653,8

Merknad: Skadeantallene er justert for å unngå dobbelttelling, dvs. at en med flere motparter per ulykke/skade kunne ha skader som inngikk i flere kolonner.

Skadedataene fra SSB omfatter drepte, hardt skadde og lettere skadde personer i kollisjoner mellom kjøretøy på veg, og mellom tog eller trikk og kjøretøy på veg. Videre omfatter disse dataene drepte, hardt skadde og lettere skadde personer i ulykker uten motpart, men her er gange unntatt av vegtrafikklovmessige hensyn, og tog og trikk er heller ikke inkludert.

7.2.2 Egne skadedata fra banetransport og sjøtransport

Statens jernbanetilsyn (SJT) registrerer drepte og alvorlig skadde i all skinnegående transport, men ikke antallet lettere skadde. For sjøtransporten registrerer Sjøfartsdirektoratet dødsfall og «betydelig skade», der vi i det videre vil basere oss på at sistnevnte kategori er noenlunde sammenliknbar med «alvorlig skade» eller «hard skade».²⁴ For sjøtransporten blir «lettere skade» (eller «ubetydelig skade») ikke registrert.

7.2.3 Skadedata fra Statens jernbanetilsyn (SJT)

Følgende tabell gir en oversikt over registrerte dødsfall og alvorlige skader i jernbanetransport fra 2006 til 2017.

²⁴ Det er fortsatt slik at de ulike transportsektorene opererer med ulik skadegradsinndeling og ulik rapporteringspraksis. Transportetatene har selv påpekt denne utfordringen, se f.eks. Jernbaneverket / Kystverket / Luftfartsverket / Statens vegvesen (2002). Der ble det bl.a. nevnt følgende: «Kun når det gjelder definisjon av personer drept i transport er definisjonene her like mellom etatene. Den definisjonen som brukes er anbefalt av FN (ECE). "Person som avgår ved døden på ulykkesstedet, eller dør innen 30 døgn som følge av påførte skader ved ulykken." ... Det er enighet om at selvmord ikke skal regnes med i antall drepte når det gjelder transportulykker. ... Når det gjelder skadegrad for øvrig kan disse ikke sammenlignes mellom transportformene, siden alle bruker ulike definisjoner.

Innen jernbanetransport brukes følgende definisjon:

Alvorlig skadd – arbeidsufør i mer enn 14 dager etter ulykken.

Lettere skadd – person som for øvrig har kommet til skade. ...

Innen sjøfart brukes følgende definisjon:

Alvorlig skadd – arbeidsufør i mer enn 72 timer etter ulykken

Lettere skadd – registreres ikke

Innen vegtrafikken brukes følgende definisjoner:

Meget alvorlig skadd – alle skader som i en tid truer personens liv eller fører til mer enn 30% invaliditet

Alvorlig skadd – større skader som krever innleggelse på sykehus (definert per skade)

Lettere skade – mindre skader som ikke krever innleggelse på sykehus

(Jernbaneverket / Kystverket / Luftfartsverket / Statens vegvesen, 2002, s. 7).» Etter dette er definisjonen av «alvorlig skadet» i banetransporten blitt endret i retning av det som benyttes i vegtransporten (basert på informasjon fra Jernbanedirektoratet, se også Statens jernbanetilsyn, 2015): «Med "alvorlig skadet" menes personskade som fører til sykehusinnleggelse i mer enn 24 timer». I sjøtransporten brukes fortsatt en annen type skadegradsdefinisjon: «Med betydelig skade på person menes en skade som har resultert i tap av normal arbeidsevne i mer enn 72 timer, når tapet av arbeidsevnen gir seg utslag innen 7 dager fra den dato skaden inntraff» (Sjøfartsdirektoratet, 2013, s. 2). Utover det kan det påpekes at de to skadegradene «alvorlig skadet» og «meget alvorlig skadet» i vegtransporten ikke lenger blir skilt fra hverandre, og vi benevner denne sammenlagte klassen «harde skader», men kunne like gjerne betegne sammenslåingen som «alvorlige skader».

Tabell 7.7: Rapporterte dødsfall og alvorlige skader i transportulykker med tog, 2006-2017 - Kilde: SJT / Jernbanedirektoratet (for perioden 2006-2016).

	Død			Alvorlig skadet		
	Ansatt	Passasjer	3. person	Ansatt	Passasjer	3. person
Av- og påstigning	-	-	-	2	7	-
Avsporing jernbaneulykke	-	-	-	2	-	-
Personpåkørsel	-	-	19	-	-	5
Planovergangsulykker	-	-	13	-	-	10
Sammenstøt gjenstand	-	-	3	-	-	4
Annet	-	-	-	-	-	1
Alle kategorier - Sum	-	-	35	4	7	20

Merknad: For av- og påstigningshendelser ble 1 skadet ansatt i forbindelse med skifting med godstog tatt ut av statistikken. For avsporing jernbaneulykke ble 2 skadde ansatte i forbindelse med tomtogkjøring (persontog) tatt ut. For personpåkørsel ble 1 drept ansatt i forbindelse med arbeidstog-/tomtogkjøring (godstog) tatt ut. For sammenstøt ble 1 skadet ansatt i forbindelse med skifting tatt ut (godstog). For annet ble 1 skadet tredjeperson tatt ut av statistikken (persontog), da det ut i fra beskrivelsen ikke var skade pga en transportulykke, men skade som følge av en type antisosial/kriminell atferd. (I forhold til mottatte data fra Jernbanedirektoratets for perioden 2006-2016, så er det tilføyd 1 drept tredjeperson, av godstog i 2017, samt, for planovergangsulykker, tilføyd 2 drepte tredjepersoner, av persontog i 2017.)

Fra ulykkesstatistikken for jernbanen er det tatt ut 1 drept og 4 skadde ansatte basert på en vurdering av at ulykkene ikke var transportulykker (én skadd person i forbindelse med «antisosial atferd» og resten var ansatte i arbeid med godstog/arbeidstog). Det samme var tilfelle for én skadet tredjeperson. De registrerte dødsfallene og alvorlige skadene i tabellen over kan fordeles mellom persontog og godstog, som gitt i følgende tabell.

Tabell 7.8: Rapporterte dødsfall og alvorlige skader i transportulykker med hhv. godstog og persontog, 2006-2017 - Kilde: SJT / Jernbanedirektoratet (for perioden 2006-2016).

	Godstog				Persontog			
	Død		Alvorlig skadet		Død		Alvorlig skadet	
	Passasjer/ansatt	3.pers on	Passasjer/ansatt	3.pers on	Passasjer/ansatt	3.pers on	Passasjer/ansatt	3.pers on
Av- og påstigning	-	-	1	-	-	-	8	-
Avsporing jernbaneulykke	-	-	2	-	-	-	-	-
Personpåkørsel	-	4	-	2	-	15	-	3
Planovergangsulykker	-	2	-	3	-	11	-	7
Sammenstøt gjenstand	-	3	-	4	-	-	-	-
Annet	-	-	-	1	-	-	-	-
Allekategorier-Sum	-	9	3	10	-	26	8	10

Merknad: For av- og påstigningshendelser ble 1 skadet ansatt i forbindelse med skifting med godstog tatt ut av statistikken. For avsporing jernbaneulykke ble 2 skadde ansatte i forbindelse med tomtogkjøring (persontog) tatt ut. For personpåkørsel ble 1 drept ansatt i forbindelse med arbeidstog-/tomtogkjøring (godstog) tatt ut, og det ble lagt til 1 drept tredjeperson rapportert for 2017 (godstog). For planovergangsulykker ble det lagt til 2 drepte tredjepersoner rapportert for 2017 (persontog). For sammenstøt ble 1 skadet ansatt i forbindelse med skifting tatt ut (godstog). For annet ble 1 skadet tredjeperson tatt ut av statistikken (persontog), da det ut i fra beskrivelsen ikke var skade pga en transportulykke, men skade som følge av en type antisosial/kriminell atferd.

Følgende tabell gir en oversikt over registrerte dødsfall og alvorlige skader i annen banetransport enn jernbane, dvs. trikk/bybane og t-bane, fra 2006 til 2017.

Tabell 7.9: Rapporterte dødsfall og alvorlige skader i transportulykker med trikk/bybane/ t-bane, 2006-2017 - Kilde: SJT.

	Død			Alvorlig skadet		
	Ansatt	Passasjer	3. person	Ansatt	Passasjer	3. person
Av- og påstigning	-	1	-	-	18	-
Personpåkørsel	-	-	12	-	-	28
Planovergangssulykker	-	-	1	-	-	1
Sammenstøt m/kjøretøy	-	-	-	-	-	3
Passasjerhendelse	-	-	-	-	12	-
Alle kategorier - Sum	-	1	13	-	30	32

De registrerte dødsfallene og alvorlige skadene i tabellen over kan fordeles mellom trikk/bybane og t-bane, som gitt i følgende tabell.

Tabell 7.10: Rapporterte dødsfall og alvorlige skader i transportulykker med hhv. trikk/bybane og t-bane, 2006-2017 - Kilde: SJT.

	Trikk/bybane				T-bane			
	Død		Alvorlig skadet		Død		Alvorlig skadet	
	Passasjer	3.person	Passasjer	3.person	Passasjer	3.person	Passasjer	3.person
Av- og påstigning	-	-	12	-	1	-	6	-
Personpåkørsel	-	10	-	26	-	2	-	2
Planovergangssulykker	-	-	-	-	-	1	-	1
Sammenstøt m/kjøretøy	-	-	-	3	-	-	-	-
Passasjerhendelse	-	-	11	-	-	-	1	-
Alle kategorier - Sum	-	10	23	29	1	3	7	3

Følgende tabell gir utdrag av skader i tog- og trikkeulykker fra SSBs skadestatistikk.

Tabell 7.11: Rapporterte dødsfall, alvorlige skader (harde skader) og lettere skader i transportulykker med tog og trikk, 2006-2017 - Kilde: SSB.

X	Død			Alvorlig skade			Lettere skade		
	Trikk	Tog	Ingen motpart	Trikk	Tog	Ingen motpart	Trikk	Tog	Ingen motpart
Fotgjenger	6,8	-	-	16,4	2,9	-	58,0	2,9	-
Sykkel	0,9	0,9	-	1,9	-	-	10,7	-	-
Moped	-	-	-	-	1,0	-	1,9	-	-
Lett MC	-	0,9	-	-	-	-	-	-	-
Tung MC	-	-	-	1,9	1,9	-	-	-	-
Bil < 1200 kg	-	-	-	-	0,9	-	29,8	6,8	-
Bil 12-1400 kg	-	-	-	2,6	-	-	25,7	4,1	-
Bil 14-1600 kg	0,8	0,8	-	0,9	-	-	14,6	2,4	-
Bil > 1600 kg	-	-	-	0,8	-	-	11,7	3,9	-
Buss	-	-	-	-	-	-	20,1	-	-
Varebil	-	-	-	-	-	-	7,2	-	-
Lastebil	-	-	-	-	-	-	0,9	-	-
Tankbil	-	-	-	-	-	-	-	0,8	-
Semitrailer	-	0,9	-	-	-	-	-	-	-
Trikk	-	-	-	-	-	-	3,0	-	-
Tog	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bil u/ vekt	-	0,9	-	1,8	0,9	-	22,6	1,7	-
Annet (vegtransport)	-	0,9	-	0,9	-	-	3,7	0,9	-
Total	8,5	5,3	-	27,1	7,5	-	210,0	23,7	-

Merknad: Dette er utdrag fra samme grunnlag som gitt tabellene 64-66, og omfatter nesten utelukkende skadde/drepte tredjepersoner. (Tre personer er rapportert lettere skadd i kollisjon mellom trikker.) Skadeantallene er justert for å unngå dobbelttelling, dvs. at en med flere motparter per ulykke/skade kunne ha skader som inngikk i flere kolonner.

Om vi sammenholder tabellene 67 og 69 med tabell 71, så må vi konkludere med at de to datakildene ikke gir identiske beskrivelser av personskaade tilknyttet ulykker med skinnegående transport i Norge. Antallet registrerte drepte tredjepersoner i SSBs statistikk er (betydelig) lavere enn antallet registrerte drepte tredjepersoner i SJTs statistikk (5 og 9 versus 35 og 13). Antallet registrerte alvorlig skadde (hardt skadde) tredjepersoner i SSBs

statistikk er også lavere enn antallet registrerte drepte tredjepersoner i SJT's statistikk (8 og 27 versus 20 og 32). For trikk (eller trikk/bybane pluss t-bane) ligger dog skade- og dødstallene relativt nærme hverandre i de to statistikkene. Men, i SSBs statistikk er de fleste registrerte skadene «lettere skader», som ikke finnes i SJT's statistikk. I SSBs statistikk er det ikke registrert skader/dødsfall ved ulykker uten motpart (dvs. skadde og drepte passasjerer/ansatte om bord på de skinnegående transportmidlene ved sammenstøt med gjenstand, avsporing, osv.).

Fra SJT's statistikk har vi informasjon om antallet alvorlig skadde og drepte tredjepersoner, samt noe, men ikke komplett, informasjon om hvilke motparter dette gjelder. For trikk/bybane/t-bane samlet og for persontog/godstog samlet foreligger det betydelig informasjon om motparter fra SSBs statistikk (se tabell 71). Særlig for trikk (trikk/bybane) vil det aller meste følge av denne motpartulykkesstatistikken. For t-bane vil vi anta at alle motparter er fotgjengere. For tog vil vi fordele informasjonen fra SSBs statistikk på persontog og godstog mht. andelene skader/dødsfall mellom persontog og godstog fra SJT's statistikk. Generelt vil vi da bruke den kilden som rapporterer høyest skadetall for en gitt skadegrad – det vil bety at antall drepte og alvorlig skadde (hardt skadde) baserer seg på SJT sin statistikk og lettere skadde blir basert på SSB.

Resultatet er vist i de to følgende tabellene, først for godstog og persontog og så for trikk og t-bane.

Tabell 7.12: Sammenstilling av data fra SSB og SJT - rapporterte dødsfall, alvorlige skader (harde skader) og lettere skader i transportulykker med hhv. godstog og persontog, 2006-2017.

X	Død			Alvorlig skade			Lettere skade		
	Gods- tog	Persontog	Ingen motpart	Gods- tog	Persontog	Ingen motpart	Gods- tog	Persontog	Ingen motpart
Fotgjenger	7,6	22,0	-	7,7	7,7	-	1,5	1,5	-
Sykkel	0,2	0,7	-	-	-	-	-	-	-
Moped	-	-	-	0,5	0,5	-	-	-	-
Lett MC	0,2	0,7	-	-	-	-	-	-	-
Tung MC	-	-	-	0,9	0,9	-	-	-	-
Bil < 1200 kg	0,1	0,2	-	0,5	0,5	-	3,6	3,6	-
Bil 12-1400 kg	0,1	0,2	-	0,1	0,1	-	2,3	2,3	-
Bil 14-1600 kg	0,3	0,8	-	0,1	0,1	-	1,4	1,4	-
Bil > 1600 kg	0,1	0,2	-	0,1	0,1	-	2,2	2,2	-
Tankbil	-	-	-	-	-	-	0,4	0,4	-
Semitrailer	0,2	0,7	-	-	-	-	-	-	-
Godstog	-	-	-	-	-	3,0	3,0	-	3,0
Persontog	-	-	-	-	-	8,0	-	-	8,0
Annet, veg	0,2	0,6	-	-	-	-	0,5	0,5	-
Total	9,0	26,0	-	10,0	10,0	11,0	14,8	11,8	11,0

Tabell 7.13: Sammenstilling av data fra SSB og SJT - rapporterte dødsfall, alvorlige skader (harde skader) og lettere skader i transportulykker med hhv. trikk (trikk/bybane) og t-bane, 2006-2017.

X	Død			Alvorlig skade			Lettere skade		
	Trikk	T-bane	Ingen motpart	Trikk	T-bane	Ingen motpart	Trikk	T-bane	Ingen motpart
Fotgjenger	8,2	3,0		18,3	3,0		55,0	3,0	
Sykkel	0,9	-		1,9	-		10,7	-	
Moped	-	-		-	-		1,9	-	
Tung MC	-	-		1,9	-		-	-	
Bil < 1200 kg	-	-		0,4	-		35,5	-	
Bil 12-1400 kg	-	-		3,0	-		31,4	-	
Bil 14-1600 kg	0,8	-		1,3	-		20,3	-	
Bil > 1600 kg	-	-		1,2	-		17,4	-	
Buss	-	-		-	-		20,1	-	
Varebil	-	-		-	-		7,2	-	
Lastebil	-	-		-	-		0,9	-	
Persontog	-	-		-	-	23,0	3,0	-	23,0
Godstog	-	-	1,0	-	-	7,0	-	-	7,0
Total	10,0	3,0		28,1	3,0		207,0	3,0	

Informasjonen i tabellene over vil inngå i den samlede oppstillingen av skadde og drepte i motpartulykker og i ulykker uten motpart fra alle de tre transportsektorene.

7.2.4 Skadedata fra Sjøfartsdirektoratet

Skadestatistikken for sjø kan sies å gjøre et grunnleggende skille mellom *skipsulykker* og *personulykker*. Sistnevnte klasse, *personulykker*, omfatter arbeidsulykker og andre ulykker som har gitt personskade, men som ikke er naturlig å klassifisere som transportulykker (som skade ved arbeid i byssen eller ved rengjøring/vasking). Den førstnevnte klassen, *skipsulykkene*, omfatter fartøysulykker (inkludert «nestenulykker») som har medført personskade. Det er denne klassen vi tar utgangspunkt i for å avgrense transportulykkene til sjøs. I tillegg gjør vi følgende avgrensinger:

- Vi inkluderer kun skader/dødsfall ved ulykker som har skjedd i Norge (i norsk farvann).
- Vi inkluderer kun operasjonsfasene «under avgang havn», «underveis», «under slep», «i drift», «annet», «ukjent», «tomme» og «ved ankomst havn» (der «tomme» indikerer manglende utfylling av operasjonsfase). Vi utelukker operasjonsfasene «sportsutøvelse», «under fiske», «ved installasjon» og «dangs kai»²⁵

Følgende tabell viser det samlede antallet rapporterte dødsfall og betydelige personskader tilknyttet transportulykker i norsk farvann, fra og med 2006 til og med 2017.

²⁵ Videre begrensinger ble vurdert mht. ulykkestype (f.eks. utelukke «brann/eksplosjon») og mht. personulykkegruppe (f.eks. utelukke «forgiftning»), men vi finner at vi ikke har noe generelt grunnlag for å utelukke særskilte ulykkestyper og personulykkegrupper i tilknytning til transportulykker på sjø.

Tabell 7.14: Rapporterte dødsfall og betydelige personskader i skipsulykker (transportulykker) i norsk farvann, 2006-2017 - Kilde: Sjøfartsdirektoratet.

	Skadet (betydelig skadet)	Død	Savnet
Passasjerskip	109	3	0
Lasteskip	39	3	1
Fiskefartøy	13	15	1
Fritidsfartøy	14	49	4
Annet/ukjent	3	0	0
Alle fartøy	178	70	6

Merknad: Dette omfatter skipsulykker, inkludert «nestenulykker», i norsk farvann som har medført personskade. Det omfatter operasjonsfasene «under avgang havn», «underveis», «under slep», «i drift», «annet», «ukjent», «tomme» og «ved ankomst havn» (der «tomme» indikerer manglende utfylling av operasjonsfase), men ikke operasjonsfasene «sportsutøvelse», «under fiske», «ved installasjon» og «langs kai».

De rapporterte døds- og skadetallene i sjø må, så langt vi kan se, klassifiseres å ha skjedd i ulykker uten motpart. Vi vil i det videre se bort fra de tre skadene med annet/ukjent fartøy og se bort fra de seks savnede.

7.2.5 Et sammenstilt datasett for alle tre transportsektorene – 2006-2017

Vi må sette sammen skadene og dødsfallene fra de ulike kildene. For å sikre et mest mulig konsistent faglig grunnlag på tvers av transportsektorene for beregning av marginale eksterne kostnader, må vi også gjøre visse justeringer. For det første vil vi bygge på den samme tabellstrukturen som for de offisielle skade- og dødstallene fra SSB, dvs. tre «krystabeller» med motparter – én for dødsfall, én for harde (alvorlige/betydelige) skader, og én for lettere skader. Følgende «minimumsjusteringer» foretas for å komme fram til en konsistent og «tilnærmet» offisiell rapportering for alle tre transportsektorer (og alle transportmidlene):

- Det settes inn et minimumsanslag på lettere skader i ulykker uten motpart i sjøtransport og banetransport, dvs. et antall like høyt som for alvorlige/betydelige skader.
- Det settes inn et minimumsanslag på harde og lettere skader i ulykker uten motpart (eneulykker) for fotgjengere, dvs. et antall like høyt som de rapporterte harde og lettere skadene i eneulykker for syklistene.²⁶

For dødsfall er det lagt til noe fra SJT-dataene (som ikke er med i SSB-dataene), samt noe fra Sjødirektoratets data. Utover det er transportmidlene blitt utvidet/differensiert.

Følgende tabeller viser årlige gjennomsnittlige skadetall basert på slike «tilnærmede offisielle» data for alle tre transportsektorene, for perioden 2006-2017, i motpartulykker og eneulykker, fordelt på dødsfall, harde skader, og lettere skader.

²⁶ Registrering av skader blant syklende og gående ved Oslo legevakt har indikert at antallet skader i eneulykker for fotgjengere trolig er betydelig høyere enn skadeantallet i eneulykker for syklende, og det forblir betydelig høyere selv om en tar ut en del av skadetilfellene som mest sannsynligvis ikke har skjedd i transport (Elvik & Høye, 2018, kap. 5.3; Kasnatscheew et al., 2018, kap. 4.4).

Tabell 7.15: Offisielt rapporterte dødsfall i transportulykker 2006-2017 - veg, bane og sjø - årlige gjennomsnitt: drepte i transportmiddel X i kollisjon med transportmiddel Y.

X	Y																								Total			
	Fotgjenger	Sykkel	Moped	Lett MC	Tung MC	Bil < 1200 kg	Bil 12-1400 kg	Bil 14-1600 kg	Bil > 1600 kg	Buss	Kombi-bil	Vare-bil	Laste-bil	Tank-bil	Semitrailer	Vogn-tog	Trikk	T-bane	Persontog	Godstog	Passasjerskip	Lasteskip	Fiskefartøy	Fritidsfartøy		Annet (veg-tr.sp.)	Ingen motpart	
Fotgjenger	0,6	0,3	0,1	-	0,2	3,5	3,2	3,2	2,4	1,5	-	0,6	2,7	0,2	0,5	0,2	0,7	0,3	1,8	0,6	-	-	-	-	-	1,6	-	24,1
Sykkel	0,2	0,8	-	-	0,1	1,0	0,8	0,8	0,6	0,2	-	0,3	1,2	-	0,2	0,3	0,1	-	0,1	0,0	-	-	-	-	-	0,5	2,4	9,5
Moped	-	-	0,1	-	0,1	0,3	0,4	0,1	0,2	0,1	-	0,1	0,2	-	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	2,8
Lett MC	-	-	-	-	-	0,3	0,3	0,2	0,2	-	-	0,1	0,2	-	0,1	-	-	-	0,1	0,0	-	-	-	-	-	0,3	1,5	3,2
Tung MC	-	0,1	-	0,1	0,4	2,4	2,5	1,6	1,4	0,1	-	0,9	0,6	-	0,3	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	9,4	21,3
Bil < 1200 kg	0,1	0,1	0,1	-	0,1	2,2	3,6	3,3	1,9	0,7	0,5	1,1	3,9	0,3	2,4	2,3	-	-	0,0	0,0	-	-	-	-	-	1,0	12,2	35,8
Bil 12-1400 kg	-	0,1	-	-	0,1	2,0	2,7	2,5	2,3	1,0	0,4	1,1	4,7	0,4	1,7	1,9	-	-	0,0	0,0	-	-	-	-	-	1,2	12,9	35,1
Bil 14-1600 kg	0,1	-	-	-	-	1,2	1,0	1,4	0,4	0,4	0,1	0,4	1,8	0,3	1,3	1,4	0,1	-	0,1	0,0	-	-	-	-	-	0,8	6,6	17,2
Bil > 1600 kg	-	0,2	-	-	-	0,7	0,5	0,5	0,5	0,3	0,1	0,2	1,2	0,1	0,8	1,2	-	-	0,0	0,0	-	-	-	-	-	0,3	4,4	10,9
Buss	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,4	-	0,1	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3	2,2
Kombibil	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	0,2	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	0,5
Varebil	-	-	-	-	-	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2	-	0,2	1,2	0,3	0,5	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	1,3	5,5
Lastebil	-	0,1	-	-	-	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	-	-	0,1	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	2,2	3,3
Tankbil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,1
Semitrailer	-	-	-	-	-	0,1	-	0,1	-	-	-	0,1	0,1	-	-	0,1	-	-	0,1	0,0	-	-	-	-	-	0,1	1,5	2,1
Vogn-tog	-	-	-	-	-	0,1	0,1	0,0	0,0	-	-	-	0,1	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	1,2
Trikk	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T-bane	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,1
Persontog	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Godstog	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Passasjerskip	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	0,3
Lasteskip	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	0,3
Fiskefartøy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3	1,3
Fritidsfartøy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,1	4,1
Annet (veg-tr.sp.)	-	-	-	0,1	0,1	0,2	0,4	0,5	0,4	0,2	0,1	0,5	0,3	-	0,4	0,2	-	-	0,1	0,0	-	-	-	-	-	0,6	3,4	7,4
Total	1,0	1,7	0,3	0,1	1,0	14,4	16,0	14,5	10,8	5,3	1,1	5,7	18,1	1,7	8,7	8,9	0,8	0,3	2,2	0,8	-	-	-	-	-	7,8	66,9	188,0

Merknad: Skadeantallene fra SSBs statistikk er justert for å unngå dobbelttelling (at en med flere motparter per ulykke/skade kunne ha skader som inngikk i flere kolonner). Skader i kollisjon/eneulykke med personbil uten oppgitt vekt er fordelt likt mellom de fire bilvektkategoriene. For den skinnegående transporten er SSBs statistikk justert med statistikk fra Jernbanedirektoratet og Statens jernbanetilsyn (SJTI). Sjøtransportulykkene, fra Sjøfartsdirektoratets statistikk, omfatter personsaker i skipsulykker i norsk farvann. Alle transportetaten bruker samme definisjon for dødsfall forvoldt av (transport)ulykke (død innen 30 dager etter ulykken), og alle etatene ekskluderer dødsfall/skade pga viljeshandlinger som selvmord, samt kriminalitet i kollektivtransporten.

Tabell 7.16: Rapporterte harde skader i transportulykker 2006-2017 - veg, bane og sjø - årlige gjennomsnitt: hardt skadde i transportmiddel X i kollisjon med transportmiddel Y.

X	Y																											
	Fotgjenger	Sykkel	Moped	Lett MC	Tung MC	Bil < 1200 kg	Bil 12-1400 kg	Bil 14-1600 kg	Bil > 1600 kg	Buss	Kombi-bil	Varebil	Lastebil	Tankbil	Semitrailer	Vogn-tog	Trikk	T-bane	Persontog	Godstog	Passasjer-skip	Lasteskip	Fiskefartøy	Fritidsfartøy	Annet (veg-tr.sp.)	Ingen motpart	Total	
Fotgjenger	3,5	2,4	1,0	0,4	0,8	21,2	19,4	15,1	10,3	6,2	1,0	5,0	3,2	0,2	0,8	0,4	1,5	0,3	0,6	0,6	-	-	-	-	-	3,7	10,2	107,8
Sykkel	0,7	10,0	0,7	0,2	0,7	12,7	11,4	7,3	7,1	1,0	0,2	3,2	3,1	0,2	0,3	0,2	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	2,2	10,2	71,7
Moped	0,2	-	2,4	0,3	0,1	5,4	4,1	3,4	3,0	0,3	-	1,0	0,8	0,1	0,1	0,2	-	-	0,0	0,0	-	-	-	-	-	1,0	9,9	32,4
Lett MC	0,2	0,1	0,4	0,6	0,4	2,8	2,7	2,2	2,3	0,5	0,2	1,2	0,2	-	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	7,7	21,9
Tung MC	0,2	0,5	0,5	0,2	2,4	10,7	9,6	6,7	6,0	0,9	0,2	3,6	1,6	0,1	0,6	0,7	0,2	-	0,1	0,1	-	-	-	-	-	3,6	39,7	88,1
Bil < 1200 kg	0,4	0,4	0,3	0,2	0,4	13,7	19,0	15,7	10,2	2,1	0,9	5,9	5,7	0,6	3,7	2,6	0,0	-	0,0	0,0	-	-	-	-	-	4,0	55,7	141,6
Bil 12-1400 kg	0,5	0,4	0,2	0,1	0,3	10,9	12,3	11,9	8,8	2,5	0,5	4,3	5,7	0,2	2,1	2,4	0,3	-	0,0	0,0	-	-	-	-	-	2,8	46,9	113,0
Bil 14-1600 kg	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	4,8	8,4	8,5	5,4	1,0	0,2	3,2	2,8	0,7	1,8	1,7	0,1	-	0,0	0,0	-	-	-	-	-	1,6	27,3	67,9
Bil > 1600 kg	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	3,2	4,1	4,4	2,5	0,9	0,1	1,1	2,0	0,1	0,6	1,2	0,1	-	0,0	0,0	-	-	-	-	-	1,8	17,0	40,0
Buss	-	-	-	-	-	0,3	0,6	0,4	0,2	1,0	-	0,1	0,4	0,3	0,1	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	2,5	6,3
Kombibil	-	-	-	-	-	0,3	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	1,1	3,4
Varebil	0,1	0,1	-	0,1	0,1	1,3	1,6	1,4	0,6	0,3	0,1	1,5	2,1	-	0,8	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8	7,3	18,4
Lastebil	-	-	-	-	0,1	0,8	0,7	0,5	0,5	0,3	-	0,2	1,3	0,1	0,4	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	3,3	8,8
Tankbil	-	-	-	-	-	0,1	-	0,1	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	0,6
Semitrailer	-	-	-	-	-	0,2	0,1	0,1	0,1	-	-	0,1	0,2	-	0,5	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	3,3	5,2
Vogn-tog	-	-	-	-	-	0,3	0,2	0,1	0,0	0,1	-	-	0,4	-	0,2	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	1,3	2,6
Trikk	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,9	2,0
T-bane	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	0,6
Persontog	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	0,7
Godstog	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	0,3
Passasjer-skip	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,1	9,1
Lasteskip	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,3	3,3
Fiskefartøy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	1,1
Fritidsfartøy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	1,2
Annet (veg-tr.sp.)	-	-	0,2	0,2	0,2	1,2	1,8	1,7	1,2	0,5	0,1	1,1	0,4	-	0,6	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,0	11,6	24,2
Total	6,2	14,3	5,9	2,4	5,7	89,6	96,3	79,9	58,4	17,6	3,6	31,7	30,1	2,7	12,9	11,5	2,3	0,3	0,8	0,8	-	-	-	-	-	25,7	273,1	772,0

Merknad: Skadeantallene fra SSBs statistikk er justert for å unngå dobbelttelling (at en med flere motparter per ulykke/skade kunne ha skader som inngikk i flere kolonner). Skader i kollisjon/eneulykke med personbil uten oppgitt vekt er fordelt likt mellom de fire bilvektkategoriene. For den skinnegående transporten er SSBs statistikk justert med statistikk fra Jernbanedirektoratet og Statens jernbanetilsyn (SJTI). Sjøtransportulykkene, fra Sjøfartsdirektoratets statistikk, omfatter personskafer i skipsulykker i norsk farvann. Vi vil anta at jernbanesektorens "alvorlig skade" og sjøtransportsektorens "betydelig skade" dekker omtrent samme skadegrad som vegsektorens "hard skade". Antallet hardt skadde fotgjengere i eneulykker er anslått til å være (minst) like høyt som antallet hardt skadde syklist, basert på Elvik og Høye (2018, kap. 5.3) og Kasnatscheew et al. (2018, kap. 4.4).

Tabell 7.17: Rapporterte/estimerte lettere skader i transportulykker 2006-2017 - veg, bane og sjø - årlige gjennomsnitt: lettere skadde i transportmiddel X i kollisjon med transportmiddel Y.

X	Y																									Total	
	Fotgjenger	Sykkel	Moped	Lett MC	Tung MC	Bil < 1200 kg	Bil 12-1400 kg	Bil 14-1600 kg	Bil > 1600 kg	Buss	Kombi-bil	Vare-bil	Lastebil	Tankbil	Semitrailer	Vogn-tog	Trikk	T-bane	Person-tog	Godstog	Passasjer-skip	Lasteskip	Fiskefartøy	Fritidsfartøy	Annet (veg-tr.sp.)		Ingen motpart
Fotgjenger	31,5	14,3	7,3	2,2	3,9	128,5	115,6	86,2	61,8	21,1	3,2	25,5	8,1	0,1	0,9	1,9	4,6	0,3	0,1	0,1	-	-	-	-	17,1	30,3	564,6
Sykkel	7,4	42,7	8,2	1,0	5,5	118,1	107,4	76,0	53,5	8,6	3,0	23,4	7,7	0,1	1,1	1,6	0,9	-	-	-	-	-	-	-	12,5	30,3	508,9
Moped	4,3	5,3	28,7	1,5	2,3	62,1	56,3	43,3	24,9	3,1	1,1	12,9	3,9	0,2	1,0	0,9	0,2	-	-	-	-	-	-	-	7,0	93,8	352,8
Lett MC	1,4	0,7	2,1	7,4	1,0	19,0	14,9	14,7	8,4	0,6	0,6	2,8	1,8	-	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	2,8	37,8	116,1
Tung MC	2,4	3,6	1,7	0,6	16,5	44,3	43,3	33,4	21,4	2,6	1,6	8,2	5,1	0,6	0,6	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	8,3	126,6	321,5
Bil < 1200 kg	10,8	9,9	6,7	2,4	9,4	276,3	322,8	231,6	148,6	25,8	9,7	68,4	64,8	2,0	19,0	16,7	3,0	-	0,3	0,3	-	-	-	-	36,4	579,1	1844,1
Bil 12-1400 kg	9,6	6,9	5,0	1,6	9,2	268,0	189,7	194,7	130,9	20,0	5,8	59,9	51,4	1,9	19,5	14,2	2,6	-	0,2	0,2	-	-	-	-	34,2	485,1	1510,6
Bil 14-1600 kg	6,3	4,7	3,8	0,9	5,9	174,0	168,9	98,4	98,0	12,9	3,3	39,8	37,4	1,2	13,2	9,8	1,7	-	0,1	0,1	-	-	-	-	22,3	271,5	974,2
Bil > 1600 kg	4,7	2,6	2,2	0,6	3,0	87,2	94,8	75,2	40,8	8,8	3,0	22,3	20,8	0,4	8,1	4,4	1,4	-	0,2	0,2	-	-	-	-	12,7	173,4	566,6
Buss	1,2	0,5	0,1	0,1	0,4	8,9	7,3	7,1	4,4	14,7	0,3	2,5	7,0	1,3	1,2	2,4	1,7	-	-	-	-	-	-	-	2,1	37,3	100,6
Kombibil	0,4	0,1	0,1	-	0,7	5,2	4,1	3,6	2,6	0,9	1,1	2,6	1,5	0,1	0,9	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8	12,2	37,3
Varebil	1,6	1,9	1,1	0,3	1,0	31,9	33,7	24,4	17,4	3,8	2,2	19,7	13,3	0,3	4,0	3,1	0,6	-	-	-	-	-	-	-	7,3	80,4	248,1
Lastebil	0,6	0,4	0,4	0,1	0,5	8,3	8,7	5,6	4,0	1,2	0,5	3,3	8,3	0,1	2,4	1,6	0,1	-	-	-	-	-	-	-	2,0	34,8	82,8
Tankbil	-	-	-	-	-	0,4	0,2	0,2	0,2	0,1	-	0,1	-	0,2	0,2	0,1	-	-	0,0	0,0	-	-	-	-	0,1	4,0	5,7
Semitrailer	-	0,2	0,1	-	-	2,2	2,5	2,1	1,0	0,2	0,1	1,0	1,4	0,1	2,7	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8	27,0	41,6
Vogn-tog	0,1	-	-	-	0,1	1,8	1,4	1,4	0,7	0,3	0,1	0,6	1,2	-	0,4	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	11,2	21,0
Trikk	-	-	-	-	-	0,1	0,4	0,3	0,1	0,2	-	-	0,3	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	1,9	3,7
T-bane	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	0,6
Person-tog	-	-	-	-	-	0,1	0,0	0,0	0,0	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,7	1,0
Godstog	-	-	-	-	-	0,1	0,0	0,0	0,0	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-	0,0	0,3	0,8
Passasjer-skip	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,1	9,1
Lasteskip	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,3	3,3
Fiskefartøy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	1,1
Fritids-fartøy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	1,2
Annet (veg-tr.sp.)	1,0	1,5	0,6	0,5	1,2	21,3	22,5	20,8	12,0	2,2	0,6	6,9	7,5	0,1	2,2	1,8	0,3	-	0,0	0,0	-	-	-	-	14,1	59,3	176,4
Total	83,2	95,5	68,2	19,1	60,5	1257,8	1194,7	919,0	630,8	127,1	36,1	299,9	241,8	8,5	77,6	60,8	17,2	0,3	1,0	1,2	-	-	-	-	181,2	2111,9	7493,5

Merknad: Skadeantallene fra SSBs statistikk er justert for å unngå dobbelttelling (at en med flere motparter per ulykke/skade kunne ha skader som inngikk i flere kolonner). Skader i kollisjon/eneulykke med personbil uten oppgitt vekt er fordelt likt mellom de fire bilvektkategoriene. For den skinnegående transporten er SSBs statistikk justert med statistikk fra Jernbanedirektoratet og Statens jernbanetilsyn (SJT). Sjøtransportulykkene, fra Sjøfartsdirektoratets statistikk, omfatter personskader i skipsulykker i norsk farvann. I SSBs politirapporterte skadestatistikk oppgis antall lettere skadde i ulykker som involverer tog og trikk/bane, mens antallet lettere skadde ikke er oppgitt i Sjøfartsdirektoratets statistikk (ei heller i statistikk fra Statens jernbanetilsyn / Jernbanedirektoratet); der opplysninger mangler er antallet lettere skadde satt til å være like høyt som antallet hardt skadde. Antallet lettere skadde fotgjengere i eneulykker er anslått til å være (minst) like høyt som antallet lettere skadde syklist, basert på Elvik og Høy (2018, kap. 5.3) og Kasnatscheew et al. (2018, kap. 4.4).

Av de rapporterte 188 drepte per gjennomsnittsårlig i transport i Norge i perioden 2006-2017, var 182 drept i vegtransport, 0,1 i banetransport, og 6 i sjøtransport. Av de rapporterte 772 hardt skadde per år, var 754 hardt skadd i vegtransport, 4 i banetransport, og 15 i sjøtransport. Av de rapporterte/estimerte 7493 lettere skadde per år, var 7473 lettere skadd i vegtransport, 6 i banetransport, og 15 i sjøtransport. Tallene for harde skader og, særlig, lettere skader, er delvis estimerte, dvs. for gående skadd i ulykker uten motpart og andelen lettere skadde i bane- og sjøulykker (der det for sistnevnte er satt et antall lettere skadde lik antallet hardt skadde).

7.2.6 Tilleggsestimering basert på justerte skadetall for 2006-2017

Antall skader i transport i Norge er ikke en perfekt kjent størrelse. Vi kan anta at rapportering av dødsfall er tilnærmet 100 %, men rapporteringsgraden for skader vil være under 100 %, spesielt lettere skader, med variasjoner mellom transportmiddel og mellom ulykkestype. Følgende tabell gir rapporteringsestimater som kan brukes for å etablere justerte skadetallsanslag, for hhv. harde skader og lettere skader. Dette vil gi grunnlag for å estimere justerte risikotall og kostnadstall som kan sammenholdes med det som er basert på tilnærmet offisielle estimater (i tabellene ovenfor).

Tabell 7.18: Antatt rapporteringsgrad i offisiell personskadestatistikk.

	Motpartulykke			Ulykke uten motpart		
	Dødsfall	Hard skade	Lettere skade	Dødsfall	Hard skade	Lettere skade
Fritidsfartøy	100 %	80 %	70 %	100 %	70 %	50 %
Sjøfartøy	100 %	95 %	90 %	100 %	90 %	80 %
Tog/t-bane/trikk	100 %	95 %	90 %	100 %	90 %	80 %
Godsbiler/busser	100 %	95 %	90 %	100 %	90 %	80 %
Personbiler	100 %	90 %	80 %	100 %	80 %	60 %
MC-tung	100 %	80 %	70 %	100 %	70 %	50 %
MC-lett	100 %	80 %	70 %	100 %	70 %	50 %
Moped	100 %	80 %	70 %	100 %	70 %	50 %
Sykkel	100 %	70 %	60 %	100 %	50 %	25 %
Fotgjenger	100 %	80 %	70 %	100 %	50 %	25 %

Merknad: For Sverige anslo Trafikanalys (2014) at offisielle politirapporterte vegtrafikkskader i forhold til sykehusrapporterte vegtrafikkskader utgjorde maksimum 85 % for firehjuls motorkjøretøy (personbiler, lastebiler og busser), og kun ca 11 % for sykkel; og for lettere skader var andelen lavere. For Danmark fant Janstrup et al. (2016) at rapporteringsgraden for hardt skadde syklistere var ca 14 %, og for lettere skadde syklistere ble rapporteringsgraden estimert til ca 7 %; for MC/moped ble rapporteringsgraden estimert til ca 35 % for harde skader og ca 10 % for lettere skader; for fotgjengere ca 50-60 % for harde skader og ca 20-30 % for lettere skader; og for bil ble rapporteringsgraden estimert til ca 70 % for harde skader og ca 25-30 % for lettere skader. Siste norske undersøkelse går tilbake til Borger et al. (1995), som estimerte en samlet rapporteringsgrad for alvorlige skader på ca 40 %. For europeiske land estimerte Bickel et al. (2006) gjennomsnittlige rapporteringsgrader lik ca 98 % for dødsfall, mens for harde skader ble rapporteringsgraden estimert til ca 80 % for bil, ca 74 % for fotgjengere, ca 65 % for MC/moped, og ca 36 % for sykkel; og for lettere skader ble rapporteringsgraden estimert til ca 50 % for bil, ca 42 % for fotgjengere, ca 31 % for MC/moped, og ca 13 % for sykkel. (For fotgjengere blir det ikke rapportert trafikkskade uten motpart, men vi knytter skadeantallet blant fotgjengere til skadeantallet for syklistere.)

Vi har markert, med grå farge, at det for lettere skader i sjøtransport og (delvis) i banetransport, ikke blir rapportert lettere skader; og for fotgjengere blir det ikke rapportert skader uten motpart. De prosentatsene som er satt inn vil da justere de anslagene som er gitt i tabellene 76-77. De antatte rapporteringsgradene gitt i tabellen over ligger i overkant av det som er estimert for vegtransport i våre naboland (Trafikanalys 2014, Janstrup et al. 2016). Videre har vi lagt rapporteringsgraden noe høyere for offentlig persontransport og godstransport sammenliknet med privattransport. Tabeller som viser årlige gjennomsnittlige skadetall basert på justerte skadedata, for hhv. harde skader og lettere

skader, er vist i Vedlegg Del 3 – Ulykker Vi vil rapportere resultater for estimerte marginale eksterne personskadekostnader fra analysen med justerte skadetall i en følsomhetsanalyse.

7.2.7 Risikoestimer (gjennomsnitt for 2006-2017)

Risikoestimer følger som kombinasjoner av skadetallene og trafikkarbeidet (og evt. transportarbeidet). Vi oppgir estimert vektet risiko for skade/dødsfall for begge parter i kollisjon mellom kjøretøy X og kjøretøy Y (per kjøretøykm/togkm/fartøykm for X). Vekting vil her simpelthen bety multiplisering av alle celler i tabellen med 0,5 slik at den samlede risikoen (eller totale skadetall) stemmer. Helt konkret betyr dette at vi først summerer de skadde i X og i Y , altså summen av skadde i begge ulykkespartene, og så deler vi dette antallet på to (for å unngå dobbelttelling), og deler på X sitt trafikkarbeid.

For eksempel var antallet lettere skadde på trikk i kollisjon med den letteste bilklassen (<1200kg) ca 0,146 i et gjennomsnittså i 2006-2017, mens antallet lettere skadde i den letteste bilklassen i kollisjon med trikk var ca 2,957 (tabell 77). Summen er dermed ca 3,103 lettere skadde. $3,103 * 0,5$ delt på årlige millioner kjøretøykilometer for de letteste bilene (6814, fra tabell 61) gir ca 0,0002; og $3,103 * 0,5$ delt på årlige millioner togkilometer for trikken (ca 5, fra tabell 61) gir ca 0,3 (se tabell 81).

Tabell 7.19: Estimert vektet risiko for dødsfall (for begge parter) i kollisjon mellom transportmiddel X og transportmiddel Y - per mill. kjøretøykm/togkm/fartøykm (2006-2017).

XY	Y																											
	Fot-gjenger	Sykkel	Moped	Lett MC	Tung MC	Bil < 1200 kg	Bil 12-1400 kg	Bil 14-1600 kg	Bil > 1600 kg	Buss	Kombi-bil	Varebil	Laste-bil	Tank-bil	Semi-trailer	Vogn-tog	Trikk	T-bane	Person-tog	Gods-tog	Pass.-skip	Laste-skip	Fiske-fartøy	Fritids-fartøy	Annet (veg-tr.sp.)	Ingen motpart		
Fot-gjenger	0,0003	0,0001	0,0000	-	0,0000	0,0009	0,0007	0,0008	0,0006	0,0004	-	0,0001	0,0006	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0004	0,0001	-	-	-	-	-	-	0,0004	-
Sykkel	0,0003	0,0008	-	-	0,0001	0,0006	0,0005	0,0004	0,0004	0,0001	-	0,0002	0,0006	-	0,0001	0,0002	0,0000	-	0,0000	0,0000	-	-	-	-	-	-	0,0002	0,0024
Moped	0,0001	-	0,0001	-	0,0001	0,0004	0,0004	0,0001	0,0002	0,0001	-	0,0001	0,0002	-	0,0001	0,0001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0020
Lett MC	-	-	-	-	0,0006	0,0021	0,0027	0,0014	0,0014	-	-	0,0006	0,0013	-	0,0006	-	-	-	0,0005	0,0002	-	-	-	-	-	-	0,0031	0,0241
Tung MC	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0006	0,0018	0,0019	0,0011	0,0010	0,0001	-	0,0006	0,0004	-	0,0002	0,0003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0008	0,0135
Bil < 1200 kg	0,0003	0,0001	0,0000	0,0000	0,0002	0,0003	0,0004	0,0003	0,0002	0,0001	0,0000	0,0001	0,0003	0,0000	0,0002	0,0002	-	-	0,0000	0,0000	-	-	-	-	-	-	0,0001	0,0018
Bil 12-1400 kg	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0003	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000	0,0001	0,0003	0,0000	0,0001	0,0001	-	-	0,0000	0,0000	-	-	-	-	-	-	0,0001	0,0014
Bil 14-1600 kg	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002	0,0002	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	-	0,0000	0,0000	-	-	-	-	-	-	0,0001	0,0007
Bil > 1600 kg	0,0002	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	-	-	0,0000	0,0000	-	-	-	-	-	-	0,0001	0,0007
Buss	0,0015	0,0002	0,0001	-	0,0001	0,0007	0,0010	0,0003	0,0004	0,0008	-	0,0003	0,0002	-	-	0,0003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0002	0,0025
Kombibil	-	-	-	-	-	0,0005	0,0003	0,0001	0,0001	-	-	0,0001	-	-	0,0001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0001	0,0003
Varebil	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0001	0,0002
Lastebil	0,0017	0,0008	0,0001	0,0001	0,0004	0,0025	0,0030	0,0012	0,0008	0,0001	-	0,0007	0,0001	-	0,0002	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0003	0,0027
Tankbil	0,0029	-	-	-	-	0,0041	0,0049	0,0031	0,0015	-	-	0,0035	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0020
Semi-trailer	0,0004	0,0002	0,0001	0,0001	0,0003	0,0023	0,0015	0,0013	0,0007	-	0,0001	0,0005	0,0003	-	-	0,0001	-	-	0,0000	0,0000	-	-	-	-	-	-	0,0005	0,0027
Vogn-tog	0,0003	0,0003	0,0001	-	0,0004	0,0025	0,0021	0,0015	0,0013	0,0004	-	0,0004	0,0001	-	0,0001	0,0004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0002	0,0014
Trikk	0,0664	0,0075	-	-	-	-	-	0,0067	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T-bane	0,0187	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0125
Person-tog	0,0249	0,0008	-	0,0008	-	0,0002	0,0002	0,0009	0,0002	-	-	-	-	-	0,0007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0007	-
Godstog	0,0274	0,0009	-	0,0009	-	0,0002	0,0002	0,0010	0,0002	-	-	-	-	-	0,0008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0008	-
Pass.-skip	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0175
Laste-skip	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0063
Fiske-fartøy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1047
Fritids-fartøy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0056
Annet (veg-tr.sp.)	0,0015	0,0004	-	0,0004	0,0011	0,0011	0,0015	0,0012	0,0007	0,0002	0,0001	0,0006	0,0004	-	0,0005	0,0002	-	-	0,0000	0,0000	-	-	-	-	-	-	0,0011	0,0064

Merknad: Basert på tabell 75 og tabell 61. Risikoen for begge parter i motpartulykker er summert i hver celle og så multiplisert med 0,5.

Tabell 7.20: Estimert vektet risiko for hard skade (for begge parter) i kollisjon mellom transportmiddel X og transportmiddel Y - per mill. kjøretøykm/togkm/fartøykm (2006-2017).

XY	Y																											
	Fot-gjenger	Sykkel	Moped	Lett MC	Tung MC	Bil < 1200 kg	Bil 12-1400 kg	Bil 14-1600 kg	Bil > 1600 kg	Buss	Kombi-bil	Varebil	Lastebil	Tankbil	Semi-trailer	Vogntog	Trikk	T-bane	Person-tog	Godstog	Pass.-skip	Laste-skip	Fiske-fartøy	Fritids-fartøy	Annet (veg-tr.sp.)	Ingen motpart		
Fot-gjenger	0,0016	0,0007	0,0003	0,0002	0,0002	0,0051	0,0047	0,0036	0,0025	0,0015	0,0002	0,0012	0,0008	0,0001	0,0002	0,0001	0,0004	0,0001	0,0002	0,0002	-	-	-	-	-	-	0,0009	0,0048
Sykkel	0,0016	0,0101	0,0004	0,0001	0,0006	0,0066	0,0059	0,0037	0,0037	0,0005	0,0001	0,0017	0,0015	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0011	0,0102	
Moped	0,0011	0,0007	0,0045	0,0007	0,0005	0,0052	0,0040	0,0032	0,0029	0,0003	-	0,0009	0,0007	0,0001	0,0001	0,0001	-	-	0,0000	0,0000	-	-	-	-	-	0,0010	0,0182	
Lett MC	0,0052	0,0019	0,0058	0,0103	0,0051	0,0240	0,0222	0,0183	0,0190	0,0039	0,0013	0,0103	0,0013	-	0,0006	0,0006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0038	0,1232	
Tung MC	0,0007	0,0009	0,0004	0,0005	0,0034	0,0079	0,0071	0,0049	0,0044	0,0006	0,0002	0,0027	0,0012	0,0001	0,0004	0,0005	0,0001	-	0,0001	0,0001	-	-	-	-	-	0,0027	0,0569	
Bil < 1200 kg	0,0016	0,0010	0,0004	0,0002	0,0008	0,0020	0,0022	0,0015	0,0010	0,0002	0,0001	0,0005	0,0005	0,0000	0,0003	0,0002	0,0000	-	0,0000	0,0000	-	-	-	-	-	0,0004	0,0082	
Bil 12-1400 kg	0,0010	0,0006	0,0002	0,0001	0,0005	0,0016	0,0013	0,0011	0,0007	0,0002	0,0000	0,0003	0,0003	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	-	0,0000	0,0000	-	-	-	-	-	0,0002	0,0049	
Bil 14-1600 kg	0,0008	0,0004	0,0002	0,0001	0,0004	0,0011	0,0011	0,0009	0,0005	0,0001	0,0000	0,0002	0,0002	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	-	0,0000	0,0000	-	-	-	-	-	0,0002	0,0029	
Bil > 1600 kg	0,0008	0,0006	0,0003	0,0002	0,0005	0,0010	0,0010	0,0008	0,0004	0,0001	0,0000	0,0001	0,0002	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	-	0,0000	0,0000	-	-	-	-	-	0,0002	0,0027	
Buss	0,0061	0,0010	0,0003	0,0005	0,0008	0,0024	0,0031	0,0014	0,0011	0,0021	0,0001	0,0004	0,0007	0,0003	0,0001	0,0003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0006	0,0049	
Kombibil	0,0009	0,0002	-	0,0001	0,0002	0,0010	0,0007	0,0003	0,0003	0,0001	0,0001	0,0002	0,0003	0,0001	0,0002	0,0001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0003	0,0018	
Varebil	0,0004	0,0003	0,0001	0,0001	0,0003	0,0006	0,0005	0,0004	0,0001	0,0000	0,0000	0,0002	0,0002	-	0,0001	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0001	0,0011	
Lastebil	0,0020	0,0019	0,0005	0,0001	0,0011	0,0040	0,0040	0,0021	0,0015	0,0004	0,0002	0,0014	0,0016	0,0000	0,0004	0,0005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0004	0,0042	
Tankbil	0,0029	0,0029	0,0010	-	0,0009	0,0076	0,0024	0,0093	0,0015	0,0031	0,0008	-	0,0009	0,0020	-	-	-	-	0,0008	-	0,0009	-	-	-	-	-	0,0079	
Semi-trailer	0,0007	0,0003	0,0001	0,0001	0,0006	0,0036	0,0020	0,0017	0,0006	0,0001	0,0002	0,0009	0,0006	-	0,0009	0,0004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0009	0,0059	
Vogntog	0,0004	0,0003	0,0002	0,0001	0,0008	0,0031	0,0027	0,0019	0,0013	0,0004	0,0001	0,0004	0,0009	-	0,0005	0,0001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0006	0,0027	
Trikk	0,1473	0,0156	-	-	0,0150	0,0056	0,0264	0,0125	0,0119	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3706	
T-bane	0,0187	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0873	
Person-tog	0,0087	-	0,0006	-	0,0011	0,0006	0,0001	0,0001	0,0001	-	-	-	-	-	0,0001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0181	
Godstog	0,0277	-	0,0017	-	0,0033	0,0019	0,0004	0,0004	0,0004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0216	
Pass.-skip	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6370	
Laste-skip	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0815	
Fiske-fartøy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0907	
Fritids-fartøy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0016	
Annet (veg-tr.sp.)	0,0035	0,0020	0,0011	0,0004	0,0035	0,0049	0,0043	0,0031	0,0028	0,0006	0,0003	0,0017	0,0006	-	0,0009	0,0006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0057	0,0217	

Merknad: Basert på tabell 76 og tabell 61. Risikoen for begge parter i motpartulykker er summert i hver celle og så multiplisert med 0,5.

Tabell 7.21: Estimert vektet risiko for lettere skade (for begge parter) i kollisjon mellom transportmiddel X og transportmiddel Y - per mill. kjøretøykm/togkm/fartøykm (2006-2017).

XY	Y																											
	Fot-gjenger	Sykkel	Moped	Lett MC	Tung MC	Bil < 1200 kg	Bil 12-1400 kg	Bil 14-1600 kg	Bil > 1600 kg	Buss	Kombi-bil	Varebil	Laste-bil	Tank-bil	Semi-trailer	Vogn-tog	Trikk	T-bane	Person-tog	Gods-tog	Pass.-skip	Laste-skip	Fiske-fartøy	Fritids-fartøy	Annet (veg-tr.sp.)	Ingen motpart		
Fot-gjenger	0,0148	0,0051	0,0027	0,0008	0,0015	0,0327	0,0294	0,0217	0,0156	0,0052	0,0009	0,0064	0,0021	0,0000	0,0002	0,0005	0,0011	0,0001	0,0000	0,0000	-	-	-	-	-	-	0,0042	0,0142
Sykkel	0,0109	0,0429	0,0068	0,0009	0,0046	0,0644	0,0575	0,0406	0,0282	0,0046	0,0016	0,0128	0,0041	0,0000	0,0006	0,0008	0,0004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0071	0,0304
Moped	0,0107	0,0125	0,0527	0,0033	0,0037	0,0631	0,0563	0,0433	0,0250	0,0029	0,0011	0,0129	0,0039	0,0001	0,0010	0,0008	0,0001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0070	0,1724
Lett MC	0,0284	0,0136	0,0289	0,1183	0,0134	0,1717	0,1323	0,1252	0,0728	0,0058	0,0045	0,0249	0,0154	-	0,0006	0,0006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0262	0,6064
Tung MC	0,0045	0,0065	0,0029	0,0012	0,0237	0,0385	0,0377	0,0281	0,0175	0,0021	0,0016	0,0066	0,0041	0,0004	0,0005	0,0004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0068	0,1815
Bil < 1200 kg	0,0102	0,0094	0,0050	0,0016	0,0039	0,0406	0,0434	0,0298	0,0173	0,0025	0,0011	0,0074	0,0054	0,0002	0,0016	0,0014	0,0002	-	0,0000	0,0000	-	-	-	-	-	-	0,0042	0,0850
Bil 12-1400 kg	0,0066	0,0060	0,0032	0,0009	0,0028	0,0312	0,0200	0,0192	0,0119	0,0014	0,0005	0,0049	0,0032	0,0001	0,0012	0,0008	0,0002	-	0,0000	0,0000	-	-	-	-	-	-	0,0030	0,0512
Bil 14-1600 kg	0,0048	0,0042	0,0025	0,0008	0,0021	0,0213	0,0191	0,0103	0,0091	0,0010	0,0004	0,0034	0,0023	0,0001	0,0008	0,0006	0,0001	-	0,0000	0,0000	-	-	-	-	-	-	0,0023	0,0285
Bil > 1600 kg	0,0052	0,0044	0,0021	0,0007	0,0019	0,0184	0,0176	0,0135	0,0064	0,0010	0,0004	0,0031	0,0019	0,0000	0,0007	0,0004	0,0001	-	0,0000	0,0000	-	-	-	-	-	-	0,0019	0,0271
Buss	0,0220	0,0090	0,0031	0,0007	0,0029	0,0343	0,0269	0,0197	0,0130	0,0290	0,0012	0,0062	0,0081	0,0014	0,0014	0,0027	0,0018	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0042	0,0736
Kombibil	0,0030	0,0026	0,0010	0,0005	0,0019	0,0124	0,0083	0,0058	0,0046	0,0010	0,0018	0,0040	0,0016	0,0001	0,0008	0,0004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0012	0,0203
Varebil	0,0021	0,0020	0,0011	0,0002	0,0007	0,0078	0,0073	0,0050	0,0031	0,0005	0,0004	0,0031	0,0013	0,0000	0,0004	0,0003	0,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0011	0,0125
Lastebil	0,0054	0,0050	0,0027	0,0012	0,0035	0,0456	0,0375	0,0268	0,0154	0,0051	0,0012	0,0103	0,0103	0,0000	0,0024	0,0017	0,0003	-	0,0001	0,0001	-	-	-	-	-	-	0,0060	0,0433
Tankbil	0,0010	0,0010	0,0019	-	0,0066	0,0290	0,0243	0,0167	0,0062	0,0170	0,0008	0,0044	0,0009	0,0049	0,0034	0,0008	-	-	0,0004	0,0004	-	-	-	-	-	-	0,0017	0,0949
Semi-trailer	0,0008	0,0012	0,0010	0,0001	0,0006	0,0192	0,0199	0,0138	0,0082	0,0012	0,0009	0,0045	0,0034	0,0003	0,0049	0,0008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0027	0,0488
Vogn-tog	0,0022	0,0017	0,0009	0,0001	0,0007	0,0199	0,0169	0,0121	0,0054	0,0029	0,0005	0,0040	0,0030	0,0001	0,0010	0,0020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0028	0,0241
Trikk	0,4434	0,0859	0,0154	-	-	0,3000	0,2909	0,1934	0,1540	0,1781	-	0,0579	0,0395	-	-	-	0,0483	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0297	0,3706
T-bane	0,0187	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0873
Person-tog	0,0016	-	-	-	-	0,0051	0,0030	0,0020	0,0029	-	-	-	0,0017	0,0005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0011	0,0181
Godstog	0,0052	-	-	-	-	0,0162	0,0096	0,0065	0,0091	-	-	-	0,0054	0,0015	-	-	-	-	-	0,0216	-	-	-	-	-	-	0,0035	0,0216
Pass.-skip	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6370
Laste-skip	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0815
Fiske-fartøy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0907
Fritids-fartøy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0016
Annet (veg-tr.sp.)	0,0169	0,0132	0,0071	0,0031	0,0088	0,0540	0,0531	0,0403	0,0231	0,0040	0,0013	0,0133	0,0090	0,0001	0,0028	0,0024	0,0003	-	0,0001	0,0001	-	-	-	-	-	-	0,0263	0,1109

Merknad: Basert på tabell 77 og tabell 61. Risikoen for begge parter i motpartulykker er summert i hver celle og så multiplisert med 0,5.

For svært mange mulige motpartkombinasjoner mangler vi risikoestimer. Dvs. når det ikke finnes slike observasjoner i datasettet så indikerer det selvsagt en relativ lav risiko, men ikke nødvendigvis at risikoen er lik null. Også transportmiddelklassifiseringen styrer «sannsynligheten for tomme celler», på den måten at mindre vanlige transportmiddel (de kategoriene med kortest trafikkarbeid) vil ha lavere sannsynlighet for å få inkludert risikoestimat, spesielt i kombinasjoner med andre mindre vanlige transportmiddel, alt annet likt. Det er egentlig ingen motpartkombinasjon som inkluderer veg- og banetransportmiddel (unntatt t-bane) som har skaderisiko lik 0. Manglende risikoestimat, som da blir satt lik 0, er det en kalle et artefakt av en «for kort» dataperiode.

7.2.8 Skadefordelingsparametere i motpartulykker

Skadefordelingsparameterne følger av skadetallsoversikten, i motpartulykker mellom X og Y (tabellene 75-77). Skadefordelingsparameteren gir andelen skadde i X (θ) og andelen skadde i motpart Y ($1-\theta$). Litt à la den vektete risikoen, så framkommer skadefordelingen fram først når vi vurderer de skadde i X opp mot de skadde i Y . Som for det øvrige inndeles skadefordelingsparameterne etter skadegraden – dødsfall, harde skader og lettere skader.

For eksempel, med 3,103 lettere skadde per år i kollisjoner mellom trikk og den letteste bilklassen (<1200kg), og 2,957 av disse var i bilen og 0,146 på trikken, så er θ for trikken lik ca 0,047 (4,7 % – og $1-\theta$ ca 95,3 %); og for den letteste bilklassen blir da θ ca 0,953 (95,3 % – og $1-\theta$ ca 4,7 %). Dette er vist for trikken i tabell 84. Tabellene 82-84 viser kun skadefordelingsparameteren (θ) i det sørvestre hjørnet av motpartdiagonalen – i det nordøstre hjørnet er alt gitt implisitt som $1-\theta$ (og det er også implisitt gitt at skadefordelingen mellom like parter er 0,5).

Tabell 7.22: Estimerte skadefordelingsparametere - forventet andel dødsfall i transportmiddel X i kollisjon med transportmiddel Y (2006-2017).

X	Y																						Vektet theta					
	Fot-gjenger	Sykkel	Moped	Lett MC	Tung MC	Bil < 1200 kg	Bil 12-1400 kg	Bil 14-1600 kg	Bil > 1600 kg	Buss	Kombi-bil	Varebil	Laste-bil	Tankbil	Semi-trailer	Vogn-tog	Trikk	T-bane	Person-tog	Gods-tog	Pass.-skip	Laste-skip		Fiske-fartøy	Fritids-fartøy	Annet (veg-tr.sp.)		
Fot-gjenger	0,5000																										0,9599	
Sykkel	0,4192	0,5000																										0,8084
Moped	-	-	0,5000																									0,8534
Lett MC	-	-	-	0,5000																								0,9191
Tung MC	-	0,4884	-	1,0000	0,5000																							0,9190
Bil < 1200 kg	0,0393	0,0649	0,3073	-	0,0288	0,5000																						0,6212
Bil 12-1400 kg	-	0,1518	-	-	0,0542	0,3610	0,5000																					0,5819
Bil 14-1600 kg	0,0208	-	-	-	-	0,2606	0,2986	0,5000																				0,4234
Bil > 1600 kg	-	0,2720	-	-	-	0,2628	0,1787	0,5159	0,5000																			0,3768
Buss	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2265	0,5000																		0,1478
Kombi-bil	-	-	-	-	-	0,1429	-	-	-	0,7000	0,5000																	0,2381
Varebil	-	-	-	-	-	0,2136	0,2572	0,4760	0,6098	0,7368	-	0,5000																0,4245
Lastebil	-	0,0623	-	-	-	0,0291	0,0081	0,0207	0,0868	1,0000	0,1000	-	0,5000															0,0564
Tankbil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1000	-	-	0,1000	0,5000														0,0000
Semi-trailer	-	-	-	-	-	0,0292	-	0,0523	-	0,1000	-	0,1351	0,1907	0,5000	0,5000													0,0630
Vogn-tog	-	-	-	-	-	0,0370	0,0437	0,0126	0,0146	-	-	-	1,0000	0,5000	-	0,5000												0,0519
Trikk	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1000	-	-	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,5000											0,0000
T-bane	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5000										0,0000
Person-tog	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1000	-	-	0,1000	0,1000	-	0,1000	-	-	0,5000									0,0000
Godstog	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5000							0,0000
Pass.-skip	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5000						0,5000
Laste-skip	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5000					0,5000
Fiske-fartøy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5000				0,5000
Fritids-fartøy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5000			0,5000
Annet (veg-tr.sp.)	-	-	-	0,1849	0,0604	0,1709	0,2495	0,3792	0,5719	1,0000	1,0000	0,7407	0,6486	0,7000	0,7461	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-	-	-	-	0,5000	0,3379	

Merknad: Basert på tabell 75. Den vektete skadegradparameteren, vektet theta, er vektet mht motparttrisikoen fra tabell 79.

Tabell 7.23: Estimerte skadefordelingsparametere - forventet andel harde skader i transportmiddel X i kollisjon med transportmiddel Y (2006-2017).

X	Y																				Vektet theta							
	Fot-gjenger	Sykkel	Moped	Lett MC	Tung MC	Bil < 1200 kg	Bil 12-1400 kg	Bil 14-1600 kg	Bil > 1600 kg	Buss	Kombi-bil	Varebil	Laste-bil	Tankbil	Semi-trailer	Vogn-tog	Trikk	T-bane	Person-tog	Gods-tog		Pass.-skip	Laste-skip	Fiske-fartøy	Fritids-fartøy	Annet (veg-tr.sp.)		
Fot-gjenger	0,5000																											0,9405
Sykkel	0,2318	0,5000																										0,8117
Moped	0,2016	-	0,5000																									0,7913
Lett MC	0,3749	0,3320	0,5530	0,5000																								0,8542
Tung MC	0,2243	0,3899	0,8514	0,3665	0,5000																							0,8946
Bil < 1200 kg	0,0190	0,0328	0,0510	0,0725	0,0338	0,5000																						0,4893
Bil 12-1400 kg	0,0245	0,0308	0,0500	0,0269	0,0309	0,3644	0,5000																					0,4072
Bil 14-1600 kg	0,0037	0,0196	0,0214	0,0326	0,0233	0,2323	0,4129	0,5000																				0,3368
Bil > 1600 kg	0,0238	0,0279	0,0636	0,0315	0,0242	0,2366	0,3211	0,4460	0,5000																			0,2822
Buss	-	-	-	-	-	0,1227	0,1955	0,2918	0,2037	0,5000																		0,1760
Kombi-bil	-	-	-	-	-	0,2440	0,3941	0,5545	0,6869	1,0000	0,5000																	0,3894
Varebil	0,0145	0,0435	-	0,0575	0,0198	0,1797	0,2699	0,3110	0,3277	0,6936	0,3654	0,5000																0,2598
Lastebil	-	-	-	-	0,0427	0,1182	0,1073	0,1641	0,1907	0,4267	-	0,0956	0,5000															0,1547
Tankbil	-	-	-	-	-	0,1301	-	0,1064	0,1000	-	-	0,1000	-	0,5000														0,0888
Semi-trailer	-	-	-	-	-	0,0449	0,0489	0,0567	0,1512	-	-	0,1484	0,3269	0,5000	0,5000													0,1330
Vogn-tog	-	-	-	-	-	0,1030	0,0645	0,0563	0,0264	0,2019	-	-	0,4755	0,5000	0,4117	0,5000												0,1074
Trikk	-	-	-	-	-	0,3589	0,0762	0,1612	0,1697	0,3000	0,2000	0,2000	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,5000											0,0344
T-bane	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5000										0,0000
Person-tog	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,3000	0,3000	0,3000	-	-	0,5000									0,0000
Godstog	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5000								0,0000
Pass.-skip	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5000							0,5000
Laste-skip	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5000						0,5000
Fiske-fartøy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5000					0,5000
Fritids-fartøy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5000				0,5000
Annet (veg-tr.sp.)	-	-	0,1343	0,3198	0,0407	0,2368	0,3853	0,5150	0,4160	0,8906	0,2282	0,5666	0,6344	0,7000	0,6316	0,8894	0,5000	1,0000	0,7000	1,0000	-	-	-	-	-	-	0,5000	0,3291

Merknad: Basert på tabell 76. Den vektete skadegradparameteren, vektet theta, er vektet mht motpartisikoene fra tabell 80.

Tabell 7.24: Estimerte skadefordelingsparametere - forventet andel lettere skader i transportmiddel X i kollisjon med transportmiddel Y (2006-2017).

X	Y																				Vektet theta						
	Fot-gjenger	Sykkel	Moped	Lett MC	Tung MC	Bil < 1200 kg	Bil 12-1400 kg	Bil 14-1600 kg	Bil > 1600 kg	Buss	Kombi-bil	Varebil	Laste-bil	Tankbil	Semi-trailer	Vogn-tog	Trikk	T-bane	Person-tog	Gods-tog		Pass.-skip	Laste-skip	Fiske-fartøy	Fritids-fartøy	Annet (veg-tr.sp.)	
Fot-gjenger	0,5000																										0,8653
Sykkel	0,3425	0,5000																									0,8336
Moped	0,3696	0,3930	0,5000																								0,7916
Lett MC	0,3847	0,4263	0,5790	0,5000																							0,8042
Tung MC	0,3799	0,3981	0,4294	0,3779	0,5000																						0,7631
Bil < 1200 kg	0,0774	0,0773	0,0973	0,1115	0,1745	0,5000																					0,5014
Bil 12-1400 kg	0,0764	0,0602	0,0817	0,0949	0,1753	0,4536	0,5000																				0,4619
Bil 14-1600 kg	0,0679	0,0586	0,0814	0,0593	0,1494	0,4289	0,4646	0,5000																			0,4333
Bil > 1600 kg	0,0701	0,0471	0,0817	0,0702	0,1210	0,3697	0,4200	0,4340	0,5000																		0,3840
Buss	0,0545	0,0586	0,0239	0,1063	0,1274	0,2559	0,2670	0,3566	0,3340	0,5000																	0,3324
Kombi-bil	0,1166	0,0453	0,0598	-	0,3098	0,3514	0,4134	0,5191	0,4676	0,7517	0,5000																0,4104
Varebil	0,0582	0,0767	0,0801	0,0966	0,1132	0,3182	0,3601	0,3805	0,4376	0,6033	0,4530	0,5000															0,3586
Lastebil	0,0693	0,0470	0,0884	0,0395	0,0936	0,1141	0,1451	0,1308	0,1599	0,1475	0,2338	0,1962	0,5000														0,1656
Tankbil	-	-	-	-	-	0,1775	0,0762	0,1111	0,2994	0,0969	-	0,1881	-	0,5000													0,1697
Semi-trailer	-	0,1776	0,0681	-	-	0,1026	0,1129	0,1376	0,1061	0,1104	0,0758	0,1985	0,3597	0,2663	0,5000												0,1583
Vogn-tog	0,0356	-	-	-	0,1144	0,0976	0,0925	0,1230	0,1316	0,1050	0,2872	0,1731	0,4330	-	0,4857	0,5000											0,1386
Trikk	-	-	-	-	-	0,0470	0,1316	0,1562	0,0916	0,0905	0,1000	-	0,8149	0,3000	0,3000	0,3000	0,5000										0,0921
T-bane	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5000									0,0000
Person-tog	-	-	-	-	-	0,1944	0,1407	0,2072	0,1475	0,1000	0,1000	0,1000	1,0000	-	0,3000	0,3000	-	-	0,5000								0,2524
Godstog	-	-	-	-	-	0,1944	0,1407	0,2072	0,1475	-	-	-	1,0000	-	-	-	-	-	-	0,5000							0,2975
Pass.-skip	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5000						0,5000
Laste-skip	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5000					0,5000
Fiske-fartøy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5000				0,5000
Fritids-fartøy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5000			0,5000
Annet (veg-tr.sp.)	0,0553	0,1093	0,0807	0,1414	0,1220	0,3686	0,3970	0,4831	0,4858	0,5024	0,4409	0,4877	0,7866	0,5254	0,7467	0,7209	1,0000	1,0000	0,4799	1,0000	-	-	-	-	-	0,5000	0,3928

Merknad: Basert på tabell 77. Den vektete skadegradparameteren, vektet theta, er vektet mht motpartisikoene fra tabell 81.

De skadefordelingsparameterne som kunne settes inn i de øvre høyre delene av tabellene over ville altså være «avspeilingen» av de oppgitte skadefordelingsparameterne i de nedre venstre delene. Når andelen drepte i lette biler (<1200 kg) i kollisjon med moped er 0,3073, så er andelen drepte på moped i kollisjon med lette biler (<1200 kg) $1-0,3073=0,6927$. Diagonalen fra øverst til venstre nedover mot høyre gir verdier lik 0,5, som altså er skadefordelingen mellom to like transportmiddel (per definisjon). Den vektete skadefordelingsparameteren, vektet theta, oppsummerer i hvor stor grad de som benytter transportmiddel X selv kommer til skade i kollisjoner med ulike motparter (Y). I Vedlegg Del 3 – Ulykker finnes tabeller med oversikter over egenrisiko, mht trafikkarbeid og transportarbeid (personkm og tonnkm), samt fremmedrisiko mht trafikkarbeid, per transportmiddel per skadegrad.

7.2.9 Trendjustering av risikoanslagene – bruker 2012 som gjennomsnittså for perioden 2006-2017

Det blir benyttet trendfaktorer for risikoanslagene, basert på Høye (2016) og på Elvik (2019). Gitt at vi lar gjennomsnittet for perioden 2006-2017 representere året 2012, så vil denne trendjusteringen gi lavere estimert risiko for en beregning for året 2019, og enda lavere for hhv. 2030 og 2050. Følgende tabell viser de benyttede trendfaktorene for den relative risikoen over tid, for de ulike transportmiddelgruppene og hhv. for dødsfall, hard skade og lettere skade.

Tabell 7.25: Trendfaktorer for risikoreduksjon i utvalgte år (relative risikonivåer over tid).

	2012	2019	2030	2050
Bane				
Dødsfall	1,000	0,724	0,437	0,174
Hard skade	1,000	0,724	0,437	0,174
Lettere skade	1,000	0,724	0,437	0,174
Tyngre kjøretøy				
Dødsfall	1,000	0,650	0,462	0,191
Hard skade	1,000	0,663	0,522	0,253
Lettere skade	1,000	0,697	0,394	0,154
Lettere kjøretøy				
Dødsfall	1,000	0,650	0,337	0,103
Hard skade	1,000	0,663	0,355	0,114
Lettere skade	1,000	0,697	0,403	0,150
Sjø				
Dødsfall	1,000	0,932	0,835	0,683
Hard skade	1,000	0,932	0,835	0,683
Lettere skade	1,000	0,932	0,835	0,683

Merknad: Trendfaktorene for banetransport og for tyngre kjøretøy er basert på Elvik (2019, s. 4 og s. 10), men for tyngre kjøretøy følges trendfaktorene i Høye (2016) fram til 2017/2019, mens videre framskriving til 2030 og 2050 følger Elvik (2019). Trendfaktorene for annen vegtransport er basert på Høye (2016, figurene 4.2.1 og 4.2.3, s. 38-39). For motpartulykker er trendfaktorene satt inn etter følgende prioriteringsorden: i) transportmiddel på bane; ii) tyngre kjøretøy, og iii) andre kjøretøy på veg.

For alle motpartulykker som involverer banetransport, samt ulykker uten motpart i banetransport, vil vi legge inn en årlig risikoreduksjon lik 4,5 % (Elvik 2019, s. 10). Denne trendfaktoren er beregnet for jernbaneulykker med dødsfall, men uten annen informasjon vil vi sette inn samme trendfaktor for all banetransport og for alle skadegrader. For alle ulykker som involverer tyngre kjøretøy (unntatt kollisjoner med tog/ trikk, men inkludert ulykker uten motpart med tyngre kjøretøy) vil vi sette inn en trendfaktor for tyngre

kjøretøy som også bygger på Elvik (2019). Trendfaktoren for tyngre kjøretøy er differensiert mht skadegrad. For personskader i skipsulykker har vi ingen trendestimer, men også for transportulykker til sjøs er det indikert en nedadgående trend (NOU 2013). Vi har derfor, ad hoc, satt inn en årlig risikoreduksjon lik 2 % i sjøtransport, for alle skadegrader. For alle andre motpartkombinasjoner og ulykker uten motpart (eneulykker) baserer vi oss på estimerte risikoreduksjonstrender i vegtransport fra Høye (2016).

For motparter fra ulike transportmiddelklasser brukes en prioriteringsorden slik at kollisjonsrisiko mellom transportmiddel på bane og transportmiddel på veg følger trenden i banetransport, mens kollisjonsrisiko mellom tyngre kjøretøy og lettere kjøretøy på veg følger trenden for tyngre kjøretøy.

7.3 Verdsetting av endret risiko for skade

Følgende tabell oppgir verdsettingene av (unngåtte) dødsfall, harde skader og lettere skader.

Tabell 7.26: Skadeverdsetting (ulykke / risiko) - komponenter for beregning av marginale eksterne kostnader (2019-kr)

	2012 (2006-2017)			2019			2030			2050		
	Dødsfall	Hard skade	Lettere skade	Dødsfall	Hard skade	Lettere skade	Dødsfall	Hard skade	Lettere skade	Dødsfall	Hard skade	Lettere skade
VSL/VSS, ex-ante verdsetting av risikoendring (a)	34 940 272	6 839 154	611 673	36 570 019	7 158 158	640 204	39 920 047	7 813 887	698 851	46 816 795	9 163 846	819 587
Ex-post-kostnader – samfunnet (c)	5 610 992	3 672 224	79 108	5 610 992	3 672 224	79 108	5 610 992	3 672 224	79 108	5 610 992	3 672 224	79 108
Totalkostnad per drept/skadd (a+c)	40 551 265	10 511 378	690 782	42 181 011	10 830 382	719 312	45 531 039	11 486 111	777 959	52 427 788	12 836 070	898 695

Merknad: Endringen over tid i ex-ante-verdsettingen av risiko er basert på realprisjustering (Finansdepartementet, 2017). Verdsettingen vil baseres på «reelle tilfeller», dvs. at en ser bort fra underrapportering. Verdien av et statistisk liv (VSL), dvs. komponent a for dødsfall, tar utgangspunkt i tilrådingene fra NOU (2012). Verdien av statistiske skader (dvs. komponent a, VSS, hhv. harde og lettere) er satt ut i fra relative verdier mht VSL, basert på Veisten mfl. (2010). Ex-post-kostnadsestimatene (komponent c) er basert på Veisten et al. (2010, kap. 3). Verdsettingsestimatene (ex ante og ex post) er på nivå med estimatene fra Thune-Larsen mfl. (2014) og Statens vegvesen (2014). Det er foretatt realprisjustering av ex-ante-verdsettingen og konsumprisjustering av ex-post-kostnaden til 2019-kroner (NOU 2012, Finansdepartementet 2017). Vi antar at banesektorens «alvorlig skade» og sjøtransportsektorens «betydelig skade» dekker omtrent samme skadegrad som «hard skade» i vegsektoren.

I 2019-kroner vil ex-post-kostnaden antas stabil over tidsperioden, at denne følger den generelle prisstigningen. Ex-ante-verdsettingen antas å vokse med velstands nivået – at den følger en realprisjustert utviklingsbane (Finansdepartementet, 2017). Som nevnt innledningsvis vil verdsettingen av systemeksternaliteten baseres kun på ex-post-kostnaden (c), mens verdsettingen av den fysiske eksternaliteten og trafikkvolumeksternaliteten vil baseres på summen av ex-ante verdsetting av risikoendring og ex-post-kostnad (a+c).

7.4 Antatt trafikkvekst over tid

For å estimere framtidige skadekostnader må vi også bygge på framskrivinger av trafikken. Følgende tabell viser hvilke trafikkvekstfaktorer vi benytter.

Tabell 7.27: Antatt trafikkvekst over tid.

	2016-2022	2022-2030	2030-2050
Persontransport			
Veg - privat	1,4 %	1,1 %	0,75 %
Veg - kollektiv	-0,1 %	0,4 %	0,55 %
Jernbane	3,6 %	0,8 %	0,75 %
Trikk/t-bane	1,1 %	0,7 %	0,6 %
Sjø	-2,0 %	0,5 %	0,5 %
Godstransport			
Veg	1,9 %	2,1 %	1,9 %
Bane	1,1 %	1,9 %	1,95 %
Sjø	0,9 %	1,6 %	0,65 %

Merknad: Dette er basert på transportarbeidsframskrivninger for persontransport (Madslien et al. 2017, tabellene 5.6 og 6.3) og godstransport (Hovi et al. 2017, tabell 5.12a). Det er tatt gjennomsnitt av periodene 2030-2040 og 2040-2050 i nevnte rapporter.

Veksten i antall kjøretøykm/togkm/fartøykm er satt til å følge utviklingen av hhv. person- og godstransportarbeidet.

Med dette kan vi estimere følgende trafikkarbeid i inneværende år, 2019, og i framtidige år.

Tabell 7.28: Antatt trafikkvekst over tid.

	kjøretøykm/togkm/fartøykm			personkilometer			tonnkilometer		
	2019	2030	2050	2019	2030	2050	2019	2030	2050
Fotgjenger	2 550	2 901	3 369	2 550	2 901	3 369			
Sykkel	1 289	1 467	1 704	1 289	1 467	1 704			
Moped	582	662	769	582	662	769			
Lett MC	80	91	106	85	97	113			
Tung MC	880	1 002	1 163	1 012	1 151	1 337			
Bil < 1200 kg	5 788	6 587	7 649	10 466	11 910	13 830			
Bil 1200-1400 kg	9 541	10 857	12 607	17 251	19 631	22 796			
Bil 1400-1600 kg	12 757	14 516	16 856	23 066	26 248	30 478			
Bil > 1600 kg	9 040	10 288	11 946	16 346	18 601	21 599			
Buss	536	552	616	4 227	4 351	4 855			
Kombibil	215	269	392	295	368	537			
Varebil	7 225	9 028	13 154	9 889	12 356	18 004	22	27	40
Lastebil	969	1 211	1 764	1 062	1 327	1 934	736	919	1 339
Tankbil	51	64	93	56	70	102	2 858	3 571	5 203
Semitrailer	667	834	1 215	731	914	1 332	175	219	319
Vogntog	560	700	1 019	614	767	1 117	8 972	11 211	16 335
Trikk	7	8	8	242	265	298	7 444	9 301	13 552
T-bane	9	10	11	722	788	889			
Passasjertog	43	51	59	4 475	5 303	6 158			
Godstog	12	14	20	17	21	31	2 862	3 438	5 059
Passasjerskip	20	20	22	76	89	101			
Lasteskip	47	55	63	237	277	315	71 772	83 710	95 291
Fiskefartøy	15	18	20	76	89	101			
Fritidsfartøy	720	706	780	2 161	2 117	2 339			
Annen vegtransport	555	693	1 010	610	762	1 111			
Total veg	53 286	61 721	75 431	90 132	103 585	124 985	20 207	25 248	36 789
Total bane	71	82	99	5 456	6 377	7 375	2 862	3 438	5 059
Total sjø	803	799	885	2 551	2 571	2 856	71 772	83 710	95 291
Total	53 606	61 909	75 406	97 528	111 771	134 106	94 841	112 396	137 138

Merknad: Basert på tabellene 61-63 og tabell 87.

Tabellen ovenfor er på samme form som tabellene 61-63, og bygger på det samme datagrunnlaget, sammen med den forventede framtidige trafikk-/transportveksten.

Følgende tabell oppsummerer de estimerte/framskrevne skadetallene på veg, bane og sjø, basert på de forutsetningene om risikoreduksjon og trafikkvekst (kjøretøykm/togkm/fartøykm).

Tabell 7.29: Estimert/framskrevet antall skadde/drepte basert på trendfaktorer for risikoreduksjon og trafikkvekst (kjøretøykm/togkm/fartøykm) – utvalgte år.

	2012 (2006-2017)	2019	2030	2050
Dødsfall				
Total veg	175	128	90	47
Total bane	2,1	1,8	1,3	0,6
Total sjø	5,8	5,5	4,5	3,4
Total	183	136	95	51
Harde skader				
Total veg	720	538	357	167
Total bane	5,6	5,1	3,4	1,6
Total sjø	15	17	14	10
Total	740	560	374	179
Lettere skader				
Total veg	7067	5429	3663	1748
Total bane	14	13	9	4
Total sjø	15	17	14	10
Total	7096	5460	3686	1763

Merknad: Tallene for 2012 (2006-2017) er basert på rad-summert vektet risiko (fra tabellene 79-81) multiplisert med trafikkarbeidet (fra tabell 61). For 2019, 2030, 2050 er tallene i tabell 85 og tabell 88 benyttet.

Trendjusteringen impliserer altså betydelig reduksjon i forventede personskadetall.

7.5 Estimerte transportulykkeskostnader

7.5.1 Estimerte gjennomsnittlige ulykkeskostnader mht trafikkarbeid og transportarbeid, samt estimerte årlige totale transportulykkeskostnader

I de følgende tabellene oppsummerer vi de estimerte gjennomsnittskostnadene mht trafikkarbeidet (kjøretøykm/togkm/fartøykm) og transportarbeidet (personkm og tonnkm), samt de estimerte årlige totale ulykkeskostnadene. Dette blir oppgitt per transportmiddel for hhv. dødsfall, harde skader og lettere skader, og de utvalgte årene er 2012 (2006-2017), 2019, 2030 og 2050.

Tabell 7.30: Gjennomsnittskostnad mht trafikkarbeid og transportarbeid, samt årlig totalkostnad for dødsfall, per transportmiddel - utvalgte år - 2019-kr.

X	2012 (2006-2017)			2019			2030			2050						
	Gjennomsnittskostnad		Totalkostnad	Gjennomsnittskostnad		Totalkostnad	Gjennomsnittskostnad		Totalkostnad	Gjennomsnittskostnad		Totalkostnad				
	kjøretøy-/tog- /fartøykm	personkm	tonnkm	kjøretøy-/tog- /fartøykm	personkm	tonnkm	kjøretøy-/tog- /fartøykm	personkm	tonnkm	kjøretøy-/tog- /fartøykm	personkm	tonnkm				
Fotgjenger	0,2342	0,2395	498 594 063	0,1608	0,1645	410 073 503	0,1126	0,1701	326 557 860	0,0723	0,1847	243 505 773				
Sykkel	0,2611	0,2769	259 488 935	0,1768	0,1875	227 902 372	0,1082	0,1619	158 792 920	0,0491	0,1471	83 585 181				
Moped	0,1539	0,1568	83 791 806	0,1041	0,1060	60 569 628	0,0624	0,0843	41 332 877	0,0274	0,0696	21 067 076				
Lett MC	1,5629	1,4539	97 289 389	1,0587	0,9849	84 905 924	0,6188	0,7336	56 468 963	0,2521	0,5526	26 718 575				
Tung MC	0,9096	0,7999	634 523 522	0,6150	0,5409	541 286 565	0,3549	0,4138	355 486 863	0,1395	0,3275	162 264 091				
Bil < 1200 kg	0,1793	0,1057	1 221 480 852	0,1212	0,0714	701 610 849	0,0757	0,0612	498 640 614	0,0376	0,0556	287 835 266				
Bil 12-1400 kg	0,1311	0,0778	1 243 265 830	0,0887	0,0526	845 870 418	0,0549	0,0445	596 054 673	0,0263	0,0397	331 882 882				
Bil 14-1600 kg	0,0785	0,0461	748 735 354	0,0531	0,0312	677 635 526	0,0329	0,0276	477 670 813	0,0161	0,0261	272 167 069				
Bil > 1600 kg	0,0809	0,0467	517 836 481	0,0547	0,0316	494 403 661	0,0340	0,0281	349 351 921	0,0168	0,0268	200 376 660				
Buss	0,3313	0,0432	167 966 734	0,2240	0,0292	120 108 154	0,1748	0,0288	96 490 357	0,0897	0,0285	55 222 051				
Kombibil	0,0586	0,0428	0,5197	0,0396	0,0290	0,3514	8 537 526	0,0232	0,0284	0,3442	6 236 473	0,0098	0,0302	0,3660	3 834 772	
Varebil	0,0386	0,0286	0,3726	0,0261	0,0193	0,2519	188 545 653	0,0168	0,0183	0,2381	151 536 744	0,0089	0,0184	0,2391	116 977 057	
Lastebil	0,5928	0,5425	0,1970	0,4008	0,3668	0,1332	388 371 767	0,3110	0,3749	0,1361	376 547 471	0,1554	0,3966	0,1440	274 070 078	
Tankbil	0,8866	0,8087	0,1882	0,5994	0,5468	0,1272	30 489 502	0,4603	0,5748	0,1338	29 254 498	0,2188	0,6362	0,1480	20 256 439	
Semitrailer	0,4499	0,4104	0,0329	0,3044	0,2776	0,0223	203 076 985	0,2349	0,2759	0,0221	195 844 203	0,1144	0,2779	0,0223	138 997 403	
Vogntog	0,4583	0,4263	0,0352	0,3099	0,2883	0,0238	173 490 652	0,2417	0,2994	0,0247	169 079 671	0,1236	0,3251	0,0268	126 008 084	
Trikk	3,2670	0,0925	16 896 360	2,4620	0,0697	16 982 337	1,6015	0,0752	12 070 196	0,7342	0,0866	6 237 282				
T-bane	1,2641	0,0166	8 448 180	0,9526	0,0125	8 506 719	0,6196	0,0114	6 046 151	0,2841	0,0108	3 124 352				
Persontog	1,1918	0,0134	43 930 537	0,8981	0,0101	38 819 172	0,5842	0,0109	29 925 227	0,2679	0,0125	15 931 620				
Godstog	1,3111	0,8741	0,0059	0,9881	0,6587	0,0044	11 424 016	0,6427	0,7110	0,0048	8 926 751	0,2947	0,8187	0,0055	6 022 259	
Passasjerskip	0,7109	0,0116	10 137 816	0,6420	0,0104	13 138 492	0,5549	0,0090	11 123 198	0,4265	0,0069	9 447 706				
Lasteskip	0,2544	0,0509	0,0002	0,2297	0,0459	0,0001	10 897 745	0,1985	0,0397	0,0001	10 985 940	0,1526	0,0305	0,0001	9 613 649	
Fiskefartøy	4,2457	0,8491	50 689 081	3,8339	0,7668	58 452 073	3,3137	0,6627	58 925 121	2,5474	0,5095	51 564 588				
Fritidsfartøy	0,2284	0,0761	165 584 331	0,2062	0,0687	148 555 851	0,1783	0,0594	125 769 081	0,1370	0,0457	106 824 436				
Annet (vegtransp.)	0,6872	0,6444	366 998 688	0,4648	0,4359	257 771 646	0,2769	0,3844	191 888 181	0,1223	0,3659	123 456 083				
Vegtransport	0,1524	0,0940	0,0741	7 097 372 581	0,1016	0,0625	0,0481	5 414 650 328	0,0661	0,0565	0,0484	4 077 235 101	0,0330	0,0555	0,0505	2 488 224 540
Banetransport	1,4007	0,0212	0,0059	84 481 801	1,0725	0,0151	0,0044	75 732 244	0,6913	0,0159	0,0048	56 968 325	0,3150	0,0187	0,0055	31 315 513
Sjøtransport	0,2990	0,0714	0,0002	236 549 044	0,2876	0,0857	0,0001	231 044 162	0,2589	0,0764	0,0001	206 803 340	0,2005	0,0591	0,0001	177 450 380
Alle	0,1564	0,0897	0,0154	7 418 403 426	0,1056	0,0605	0,0105	5 721 426 734	0,0693	0,0547	0,0111	4 341 006 766	0,0353	0,0535	0,0138	2 696 990 432

Tabell 7.31: Gjennomsnittskostnad mht trafikkarbeid og transportarbeid, samt årlig totalkostnad for harde skader, per transportmiddel - utvalgte år - 2019-kr.

X	2012 (2006-2017)			2019			2030			2050						
	Gjennomsnittskostnad		Totalkostnad	Gjennomsnittskostnad		Totalkostnad	Gjennomsnittskostnad		Totalkostnad	Gjennomsnittskostnad		Totalkostnad				
	kjøretøy-/tog- /fartøykm	personkm	tonnkm	kjøretøy-/tog- /fartøykm	personkm	tonnkm	kjøretøy-/tog- /fartøykm	personkm	tonnkm	kjøretøy-/tog- /fartøykm	personkm	tonnkm				
Fotgjenger	0,2978	0,3063	634 072 997	0,2039	0,2097	519 877 689	0,1252	0,2031	363 163 033	0,0586	0,2084	197 315 059				
Sykkel	0,4553	0,5083	452 540 354	0,3111	0,3473	401 080 198	0,1828	0,3293	268 225 615	0,0726	0,3308	123 613 537				
Moped	0,4424	0,4659	240 788 130	0,3022	0,3183	175 886 086	0,1755	0,2719	116 190 574	0,0677	0,2450	52 094 937				
Lett MC	2,6462	2,5121	164 723 724	1,8077	1,7161	144 972 277	1,0472	1,4127	95 573 539	0,4073	1,2203	43 166 005				
Tung MC	0,9875	0,8719	688 849 929	0,6747	0,5958	593 842 224	0,3917	0,4554	392 274 430	0,1521	0,3525	176 831 885				
Bil < 1200 kg	0,2108	0,1260	1 436 361 863	0,1440	0,0860	833 588 345	0,0853	0,0743	561 604 956	0,0353	0,0678	270 348 947				
Bil 12-1400 kg	0,1352	0,0807	1 281 723 951	0,0924	0,0551	881 128 429	0,0546	0,0482	592 902 381	0,0225	0,0445	283 102 308				
Bil 14-1600 kg	0,0918	0,0546	875 265 859	0,0627	0,0373	800 025 909	0,0370	0,0337	537 668 235	0,0153	0,0323	257 454 149				
Bil > 1600 kg	0,0928	0,0537	593 927 932	0,0634	0,0367	572 939 380	0,0373	0,0334	383 222 390	0,0150	0,0322	179 709 678				
Buss	0,2631	0,0340	133 383 859	0,1797	0,0232	96 366 082	0,1510	0,0235	83 324 294	0,0848	0,0239	52 202 479				
Kombibil	0,0702	0,0517	0,6274	42 092 899	0,0480	0,0353	0,4286	10 330 964	0,0291	0,0325	0,3940	7 822 407	0,0129	0,0315	0,3827	5 052 963
Varebil	0,0457	0,0343	0,4462	293 201 821	0,0312	0,0234	0,3048	225 436 197	0,0185	0,0217	0,2825	167 351 244	0,0076	0,0212	0,2766	100 447 809
Lastebil	0,2685	0,2528	0,0918	215 588 765	0,1834	0,1727	0,0627	177 764 075	0,1553	0,1770	0,0643	188 019 223	0,0904	0,1847	0,0671	159 429 819
Tankbil	0,4421	0,4128	0,0960	18 630 687	0,3020	0,2820	0,0656	15 361 964	0,2570	0,2861	0,0666	16 330 644	0,1530	0,2921	0,0680	14 166 300
Semitrailer	0,1982	0,1851	0,0148	109 569 781	0,1354	0,1264	0,0101	90 345 946	0,1138	0,1245	0,0100	94 836 071	0,0639	0,1188	0,0095	77 624 302
Vogntog	0,1733	0,1588	0,0131	80 396 556	0,1184	0,1085	0,0089	66 291 114	0,1002	0,1097	0,0090	70 083 010	0,0582	0,1113	0,0092	59 301 144
Trikk	6,3593	0,1800		32 888 861	4,7470	0,1344		32 743 466	3,0338	0,1078		22 865 474	1,3499	0,0851		11 467 436
T-bane	1,1141	0,0146		7 445 559	0,8316	0,0109		7 426 220	0,5315	0,0078		5 185 891	0,2365	0,0048		2 600 815
Persontog	0,3089	0,0035		11 387 326	0,2306	0,0026		9 967 197	0,1474	0,0021		7 549 234	0,0656	0,0016		3 900 592
Godstog	0,6042	0,4028	0,0027	7 007 585	0,4510	0,3007	0,0020	5 214 625	0,2882	0,2714	0,0018	4 003 468	0,1283	0,2548	0,0017	2 621 244
Passasjerskip	6,6953	0,1088		95 478 349	5,9887	0,0974		122 568 131	5,0857	0,0827		101 953 081	3,7943	0,0617		84 043 120
Lasteskip	0,8571	0,1714	0,0005	34 161 978	0,7667	0,1533	0,0005	36 375 316	0,6511	0,1302	0,0004	36 028 486	0,4857	0,0971	0,0003	30 598 643
Fiskefartøy	0,9538	0,1908		11 387 326	0,8531	0,1706		13 007 050	0,7245	0,1449		12 883 030	0,5405	0,1081		10 941 433
Fritidsfartøy	0,0169	0,0056		12 263 274	0,0151	0,0050		10 898 043	0,0128	0,0043		9 065 073	0,0096	0,0032		7 472 624
Annet (vegtransp.)	0,5757	0,5504		307 441 625	0,3932	0,3760		218 076 409	0,2315	0,3282		160 395 940	0,0953	0,3040		96 265 042
Vegtransport	0,1625	0,1018	0,0455	7 568 560 730	0,1093	0,0683	0,0288	5 823 313 289	0,0664	0,0612	0,0281	4 098 987 987	0,0285	0,0577	0,0282	2 148 126 362
Banetransport	0,9737	0,0147	0,0027	58 729 331	0,7839	0,0105	0,0020	55 351 508	0,4806	0,0081	0,0018	39 604 067	0,2071	0,0065	0,0017	20 590 086
Sjøtransport	0,1938	0,0463	0,0005	153 290 927	0,2276	0,0265	0,0005	182 848 539	0,2002	0,0254	0,0004	159 929 671	0,1504	0,0193	0,0003	133 055 819
Alle	0,1640	0,0955	0,0098	7 780 580 988	0,1119	0,0640	0,0066	6 061 513 337	0,0687	0,0573	0,0067	4 298 521 725	0,0301	0,0541	0,0078	2 301 772 267

Tabell 7.32: Gjennomsnittskostnad mht trafikkarbeid og transportarbeid, samt årlig totalkostnad for lettere skader, per transportmiddel - utvalgte år - 2019-kr.

X	2012 (2006-2017)			2019			2030			2050						
	Gjennomsnittskostnad		Totalkostnad	Gjennomsnittskostnad		Totalkostnad	Gjennomsnittskostnad		Totalkostnad	Gjennomsnittskostnad		Totalkostnad				
	kjøretøy-/tog- /fartøykm	personkm	tonnkm	kjøretøy-/tog- /fartøykm	personkm	tonnkm	kjøretøy-/tog- /fartøykm	personkm	tonnkm	kjøretøy-/tog- /fartøykm	personkm	tonnkm				
Fotgjenger	0,1049	0,1100	223 299 809	0,0761	0,0798	194 122 901	0,0490	0,0824	142 161 166	0,0234	0,0912	78 893 761				
Sykkel	0,2057	0,2205	204 479 493	0,1493	0,1601	192 524 343	0,0947	0,1651	139 003 765	0,0430	0,1828	73 319 322				
Moped	0,3085	0,3267	167 905 924	0,2239	0,2371	130 289 251	0,1411	0,2160	93 437 356	0,0624	0,2094	48 011 327				
Lett MC	0,9187	0,8926	57 187 240	0,6668	0,6478	53 473 652	0,4184	0,5683	38 188 542	0,1822	0,5249	19 313 002				
Tung MC	0,2436	0,2183	169 953 171	0,1768	0,1585	155 629 671	0,1113	0,1346	111 504 013	0,0491	0,1189	57 107 545				
Bil < 1200 kg	0,1726	0,1062	1 175 959 801	0,1253	0,0771	725 086 364	0,0796	0,0715	524 317 324	0,0364	0,0709	278 449 712				
Bil 12-1400 kg	0,1093	0,0660	1 036 449 861	0,0793	0,0479	756 965 976	0,0504	0,0447	547 256 512	0,0230	0,0447	290 349 547				
Bil 14-1600 kg	0,0748	0,0444	713 655 438	0,0543	0,0322	693 023 338	0,0345	0,0309	501 326 156	0,0158	0,0317	266 595 029				
Bil > 1600 kg	0,0717	0,0419	459 379 748	0,0521	0,0304	470 797 596	0,0331	0,0291	340 081 027	0,0151	0,0299	179 828 246				
Buss	0,1706	0,0224	86 462 912	0,1238	0,0163	66 387 851	0,0770	0,0152	42 480 103	0,0370	0,0153	22 755 893				
Kombibil	0,0487	0,0360	0,4367	29 163 019	0,0353	0,0261	0,3169	7 604 600	0,0226	0,0246	0,2982	6 081 970	0,0106	0,0248	0,3004	4 162 953
Varebil	0,0328	0,0247	0,3218	210 241 846	0,0238	0,0179	0,2336	171 753 224	0,0151	0,0171	0,2224	136 591 205	0,0070	0,0174	0,2269	91 644 573
Lastebil	0,1510	0,1410	0,0512	121 263 826	0,1096	0,1024	0,0372	106 241 250	0,0692	0,1013	0,0368	83 799 298	0,0349	0,1085	0,0394	61 649 630
Tankbil	0,1477	0,1363	0,0317	6 224 965	0,1072	0,0989	0,0230	5 454 220	0,0707	0,0864	0,0201	4 494 183	0,0404	0,0810	0,0188	3 744 177
Semitrailer	0,0896	0,0833	0,0067	49 548 926	0,0651	0,0605	0,0049	43 407 424	0,0403	0,0542	0,0043	33 586 103	0,0191	0,0523	0,0042	23 230 483
Vogntog	0,0685	0,0631	0,0052	31 784 951	0,0497	0,0458	0,0038	27 845 263	0,0313	0,0437	0,0036	21 909 265	0,0157	0,0452	0,0037	15 998 936
Trikk	1,5080	0,0432		7 798 900	1,1376	0,0326		7 846 967	0,7414	0,0329		5 588 139	0,3410	0,0355		2 897 010
T-bane	0,0732	0,0010		489 304	0,0552	0,0007		493 221	0,0360	0,0005		351 242	0,0166	0,0003		182 092
Persontog	0,0249	0,0003		916 652	0,0188	0,0002		810 864	0,0122	0,0002		626 308	0,0056	0,0002		334 512
Godstog	0,0617	0,0461	0,0003	715 174	0,0465	0,0348	0,0002	537 847	0,0303	0,0344	0,0002	421 097	0,0139	0,0363	0,0002	285 003
Passasjerskip	0,4400	0,0072		6 274 599	0,3977	0,0065		8 140 504	0,3445	0,0056		6 905 322	0,2657	0,0043		5 884 132
Lasteskip	0,0563	0,0113	0,0000	2 245 040	0,0509	0,0102	0,0000	2 415 909	0,0441	0,0088	0,0000	2 440 223	0,0340	0,0068	0,0000	2 142 311
Fiskefartøy	0,0627	0,0125		748 347	0,0567	0,0113		863 878	0,0491	0,0098		872 573	0,0378	0,0076		766 045
Fritidsfartøy	0,0011	0,0004		805 912	0,0010	0,0003		723 806	0,0009	0,0003		613 981	0,0007	0,0002		523 183
Annet (vegtransp.)	0,2605	0,2451		139 125 337	0,1891	0,1779		104 853 763	0,1203	0,1673		83 389 117	0,0554	0,1685		55 927 434
Vegtransport	0,1048	0,0664	0,0269	4 882 086 267	0,0733	0,0464	0,0178	3 905 460 688	0,0462	0,0440	0,0171	2 849 607 107	0,0208	0,0443	0,0176	1 570 981 570
Banetransport	0,1645	0,0025	0,0003	9 920 029	0,1372	0,0018	0,0002	9 688 899	0,0848	0,0017	0,0002	6 986 786	0,0372	0,0018	0,0002	3 698 617
Sjøtransport	0,0127	0,0030	0,0000	10 073 898	0,0151	0,0018	0,0000	12 144 097	0,0136	0,0017	0,0000	10 832 099	0,0105	0,0014	0,0000	9 315 671
Alle	0,1033	0,0609	0,0055	4 902 080 193	0,0725	0,0428	0,0038	3 927 293 684	0,0458	0,0406	0,0039	2 867 425 992	0,0207	0,0411	0,0047	1 583 995 859

Tabell 7.33: Sum gjennomsnittskostnad mht trafikkarbeid og transportarbeid, samt årlig totalkostnad for skader/dødsfall, per transportmiddel - utvalgte år - 2019-kr.

X	2012 (2006-2017)			2019			2030			2050						
	Gjennomsnittskostnad		Totalkostnad	Gjennomsnittskostnad		Totalkostnad	Gjennomsnittskostnad		Totalkostnad	Gjennomsnittskostnad		Totalkostnad				
	kjøretøy-/tog- /fartøykm	personkm	tonnkm	kjøretøy-/tog- /fartøykm	personkm	tonnkm	kjøretøy-/tog- /fartøykm	personkm	tonnkm	kjøretøy-/tog- /fartøykm	personkm	tonnkm				
Fotgjenger	0,6368	0,6558	1 355 966 870	0,4409	0,4540	1 124 074 093	0,2867	0,4556	831 882 058	0,1543	0,4844	519 714 593				
Sykkel	0,9220	1,0057	916 508 782	0,6371	0,6948	821 506 912	0,3858	0,6563	566 022 301	0,1646	0,6607	280 518 040				
Moped	0,9048	0,9493	492 485 860	0,6302	0,6614	366 744 965	0,3790	0,5722	250 960 807	0,1576	0,5240	121 173 341				
Lett MC	5,1277	4,8586	319 200 352	3,5331	3,3488	283 351 853	2,0844	2,7145	190 231 043	0,8417	2,2978	89 197 582				
Tung MC	2,1407	1,8902	1 493 326 622	1,4665	1,2951	1 290 758 461	0,8579	1,0038	859 265 307	0,3407	0,7988	396 203 521				
Bil < 1200 kg	0,5626	0,3378	3 833 802 516	0,3905	0,2345	2 260 285 558	0,2406	0,2071	1 584 562 894	0,1094	0,1943	836 633 925				
Bil 12-1400 kg	0,3756	0,2245	3 561 439 641	0,2603	0,1557	2 483 964 823	0,1599	0,1374	1 736 213 567	0,0718	0,1288	905 334 736				
Bil 14-1600 kg	0,2452	0,1452	2 337 656 651	0,1702	0,1008	2 170 684 773	0,1045	0,0921	1 516 665 204	0,0472	0,0901	796 216 247				
Bil > 1600 kg	0,2454	0,1423	1 571 144 160	0,1701	0,0986	1 538 140 638	0,1043	0,0906	1 072 655 338	0,0469	0,0889	559 914 584				
Buss	0,7650	0,0997	387 813 506	0,5276	0,0687	282 862 087	0,4028	0,0674	222 294 754	0,2114	0,0677	130 180 422				
Kombibil	0,1775	0,1306	1,5838	0,1229	0,0904	1,0969	0,0749	0,0854	1,0364	0,0333	0,0865	1,0491	13 050 688			
Varebil	0,1170	0,0876	1,1406	0,0811	0,0607	0,7903	0,0505	0,0570	0,7430	0,0235	0,0570	0,7427	309 069 439			
Lastebil	1,0124	0,9363	0,3400	0,6939	0,6418	0,2331	0,72 377 092	0,5355	0,6532	0,2372	0,2807	0,6899	0,2505	495 149 526		
Tankbil	1,4764	1,3578	0,3160	0,2159	0,087	0,2159	51 305 686	0,7880	0,9473	0,2204	50 079 325	0,4122	1,0093	0,2349	38 166 916	
Semitrailer	0,7377	0,6788	0,0544	0,5048	0,4646	0,0373	336 830 355	0,3890	0,4545	0,0365	324 266 377	0,1975	0,4490	0,0360	239 852 188	
Vogntog	0,7001	0,6483	0,0535	0,4780	0,4426	0,0365	267 627 029	0,3732	0,4528	0,0373	261 071 946	0,1975	0,4816	0,0397	201 308 164	
Trikk	11,1343	0,3157	57 584 121	8,3466	0,2367	57 572 770	5,3767	0,2160	40 523 810	2,4252	0,2073	20 601 728				
T-bane	2,4514	0,0322	16 383 043	1,8394	0,0242	16 426 160	1,1871	0,0197	11 583 284	0,5371	0,0160	5 907 259				
Persontog	1,5256	0,0171	56 234 514	1,1475	0,0129	49 597 233	0,7438	0,0132	38 100 769	0,3391	0,0143	20 166 724				
Godstog	1,9770	1,3230	0,0089	22 929 483	1,4856	0,9941	0,0067	17 176 488	0,9613	1,0168	0,0068	13 351 315	0,4369	1,1098	0,0075	8 928 506
Passasjerskip	7,8462	0,1275	111 890 764	7,0284	0,1143	143 847 127	5,9850	0,0973	119 981 601	4,4865	0,0729	99 374 959				
Lasteskip	1,1678	0,2336	0,0007	46 544 834	1,0473	0,2095	0,0007	49 688 970	0,8937	0,1787	0,0006	49 454 649	0,6724	0,1345	0,0004	42 354 604
Fiskefartøy	5,2621	1,0524	62 824 753	4,7437	0,9487	72 323 001	4,0873	0,8175	72 680 724	3,1258	0,6252	63 272 066				
Fritidsfartøy	0,2464	0,0821	178 653 516	0,2224	0,0741	160 177 699	0,1920	0,0640	135 448 134	0,1473	0,0491	114 820 242				
Annet (vegtransp.)	1,5234	1,4399	813 565 650	1,0472	0,9898	580 701 818	0,6288	0,8799	435 673 237	0,2730	0,8384	275 648 559				
Vegtransport	0,4196	0,2622	0,1466	19 548 019 578	0,2842	0,1773	0,0948	15 143 424 306	0,1786	0,1617	0,0936	11 025 830 196	0,0823	0,1575	0,0963	6 207 332 472
Banetransport	2,5389	0,0384	0,0089	153 131 161	1,9936	0,0274	0,0067	140 772 651	1,2567	0,0257	0,0068	103 559 178	0,5593	0,0269	0,0075	55 604 217
Sjøtransport	0,5055	0,1208	0,0007	399 913 868	0,5303	0,1141	0,0007	426 036 798	0,4727	0,1035	0,0006	377 565 109	0,3614	0,0798	0,0004	319 821 870
Alle	0,4238	0,2462	0,0307	20 101 064 607	0,2901	0,1673	0,0209	15 710 233 755	0,1838	0,1526	0,0216	11 506 954 483	0,0861	0,1487	0,0264	6 582 758 559

Gjennomsnittskostnadene per kjøretøykm/togkm/fartøykm per transportmiddel er beregnet med utgangspunkt i risikocellene i tabellene 79-81. (Risikoen for en skade av en gitt skadegrad for begge motparter er summert i hver celle og så multiplisert med 0,5.) Risikoen per celle deles på én million og multipliseres med den totale verdsettingen (ex ante + ex post), gitt i tabell 86. Tilsvarende øvelse kan gjøres for transportarbeidet (personkm og tonnkm).

Den årlige totalkostnaden er lik gjennomsnittskostnaden multiplisert med årlige kjøretøykm/togkm/fartøykm (som er framskrevet for 2019, 2030 og 2050). De totale kostnadene er estimert til å utgjøre snaut seks milliarder kroner (2019-kr) for dødsfall i transport, for året 2019, og for harde skader er estimert ca 6 mrd., mens det for lettere skader er snaut 4 mrd. Samlet sum blir snaut 16 mrd. kroner, estimert for året 2019. Den årlige totalkostnaden (i 2019-kroner) så vel som gjennomsnittskostnaden er forventet å gå nedover i årene som kommer, noe som følger av den antatte nedadgående risikotrenden. Det må understrekes at framskrivingene selvsagt er heftet med betydelig usikkerhet.

7.5.2 Estimerte marginale eksterne ulykkeskostnader i transport

7.5.2.1 Fysisk eksternalitet

Som gjennomgått i delkapittel 7.1, så kan vi beregne den fysiske eksternaliteten for et gitt transportmiddel X med følgende uttrykk, for en gitt skadegrad, i :

$$(1-\theta_{XY})r_{XYi}(a_i+c_i)$$

Det vil si: Skadeandelen som et transportmiddel, X , påfører motpart Y , $(1-\theta)_{XY}$, multipliseres med skaderisiko for begge parter i kollisjon (halvert), r_{XYi} (cellene i tabellene 79-81), og den totale skadekostnaden, $(a+c)$. Den fysiske eksternaliteten omfatter altså skadekostnaden som påføres andre. Det er per definisjon ingen fysisk eksternalitet ved ulykker uten motpart, eneulykker.

7.5.2.2 Systemeksternalitet

Systemeksternaliteten er beregnet fra følgende uttrykk, for en gitt skadegrad, i :

$$\theta_{XY}r_{XYi}c_i + r_{X0i}c_i$$

Det vil si: Skadeandelen som et transportmiddel, X , påfører seg selv, i ulykker med motpart, θ_{XY} , multipliseres med (halvert) skaderisiko for begge parter i kollisjon, r_{XY} (cellene i tabellene 79-81), og ex-post-kostnaden («samfunnskostnaden»), c . I tillegg inngår skaderisikoen ved ulykke uten motpart, r_{X0} , multiplisert med ex-post-kostnaden, c .

7.5.2.3 Trafikkvolumeksternalitet

Trafikkvolumeksternaliteten beregnes fra følgende uttrykk, for en gitt skadegrad, i :

$$E_{XY}r_{XYi}(a_i+c_i) + E_{X0}r_{X0i}c_i$$

Det vil si: Transportmiddelets risikoelastisitet, E_{XY} , multipliseres med (halvert) skaderisiko for begge parter i kollisjon, r_{XY} (cellene i tabellene 79-81), og den totale skadekostnaden $(a+c)$. Generelt vil det også være ulike risikoelastisiteter for ulike motpartulykker (Fridstrøm, 1999, 2011). Som nevnt innledningsvis så vil vi i hovedanalysen sette risikoelastisiteten lik 0, slik at også trafikkvolumeksternaliteten bli lik 0. Dette kan grunngis med at det mangler nyere kunnskap om ulykkeselastisitetene og risikoelastisitetene i transport i Norge. I følsomhetsanalyse vil vi teste effekten av ulykkeselastisitet lavere enn 1, dvs. negativ risikoelastisitet og dermed negativ trafikkvolumeksternalitet. Vi vil ikke teste for $E_{X0} \neq 0$.

7.5.2.4 Summerte marginale eksterne ulykkeskostnader i transport

De følgende tabellene oppsummerer fysisk eksternalitet, systemeksternalitet og summen av marginale eksterne kostnader. Dette blir oppgitt per transportmiddel for hhv. dødsfall, harde skader og lettere skader, og de utvalgte årene er 2012 (2006-2017), 2019, 2030 og 2050.

Tabell 7.34: Marginale eksterne kostnader pga dødsfallsrisiko, per kjøretøykm/togkm/fartøykm, for ulike transportmiddel - utvalgte år - 2019-kr.

X	2012 (2006-2017)			2019			2030			2050		
	Fysisk eksternalitet	System- eksternalitet	Marginal ekstern kostnad	Fysisk eksternalitet	System- eksternalitet	Marginal ekstern kostnad	Fysisk eksternalitet	System- eksternalitet	Marginal ekstern kostnad	Fysisk eksternalitet	System- eksternalitet	Marginal ekstern kostnad
Fotgjenger	0,0069	0,0314	0,0384	0,0047	0,0208	0,0255	0,0026	0,0135	0,0162	0,0009	0,0076	0,0086
Sykkel	0,0262	0,0325	0,0587	0,0177	0,0212	0,0389	0,0102	0,0121	0,0222	0,0037	0,0049	0,0085
Moped	0,0097	0,0200	0,0297	0,0066	0,0130	0,0196	0,0037	0,0072	0,0109	0,0013	0,0028	0,0041
Lett MC	0,0474	0,2097	0,2571	0,0321	0,1366	0,1686	0,0179	0,0740	0,0920	0,0063	0,0263	0,0326
Tung MC	0,0239	0,1226	0,1465	0,0162	0,0797	0,0958	0,0090	0,0426	0,0517	0,0032	0,0146	0,0178
Bil < 1200 kg	0,0397	0,0193	0,0590	0,0268	0,0126	0,0394	0,0152	0,0075	0,0227	0,0056	0,0034	0,0091
Bil 12-1400 kg	0,0312	0,0138	0,0450	0,0211	0,0090	0,0301	0,0119	0,0053	0,0172	0,0043	0,0024	0,0066
Bil 14-1600 kg	0,0293	0,0068	0,0361	0,0198	0,0044	0,0242	0,0112	0,0027	0,0138	0,0040	0,0013	0,0053
Bil > 1600 kg	0,0334	0,0066	0,0400	0,0226	0,0043	0,0269	0,0128	0,0026	0,0154	0,0047	0,0013	0,0060
Buss	0,2030	0,0178	0,2208	0,1373	0,0115	0,1488	0,1054	0,0086	0,1140	0,0501	0,0042	0,0543
Kombibil	0,0361	0,0031	0,0392	0,0244	0,0020	0,0264	0,0137	0,0012	0,0148	0,0048	0,0005	0,0053
Varebil	0,0177	0,0029	0,0206	0,0120	0,0019	0,0139	0,0069	0,0012	0,0081	0,0027	0,0007	0,0034
Lastebil	0,4569	0,0188	0,4757	0,3089	0,0122	0,3212	0,2380	0,0090	0,2470	0,1149	0,0043	0,1192
Tankbil	0,8064	0,0111	0,8175	0,5452	0,0072	0,5524	0,4187	0,0051	0,4238	0,1990	0,0021	0,2011
Semitrailer	0,3184	0,0182	0,3366	0,2153	0,0118	0,2271	0,1653	0,0086	0,1739	0,0786	0,0038	0,0824
Vogntog	0,3833	0,0104	0,3937	0,2592	0,0067	0,2659	0,2028	0,0048	0,2076	0,1051	0,0020	0,1071
Trikk	3,2670	0,0000	3,2670	2,4620	0,0000	2,4620	1,6015	0,0000	1,6015	0,7342	0,0000	0,7342
T-bane	0,7585	0,0700	0,8284	0,5716	0,0507	0,6223	0,3718	0,0305	0,4023	0,1705	0,0122	0,1826
Persontog	1,1918	0,0000	1,1918	0,8981	0,0000	0,8981	0,5842	0,0000	0,5842	0,2679	0,0000	0,2679
Godstog	1,3111	0,0000	1,3111	0,9881	0,0000	0,9881	0,6427	0,0000	0,6427	0,2947	0,0000	0,2947
Passasjerskip	0,0000	0,0984	0,0984	0,0000	0,0854	0,0854	0,0000	0,0684	0,0684	0,0000	0,0456	0,0456
Lasteskip	0,0000	0,0352	0,0352	0,0000	0,0306	0,0306	0,0000	0,0245	0,0245	0,0000	0,0163	0,0163
Fiskefartøy	0,0000	0,5875	0,5875	0,0000	0,5100	0,5100	0,0000	0,4084	0,4084	0,0000	0,2726	0,2726
Fritidsfartøy	0,0000	0,0316	0,0316	0,0000	0,0274	0,0274	0,0000	0,0220	0,0220	0,0000	0,0147	0,0147
Annet (vegtransp.)	0,2867	0,0554	0,3422	0,1939	0,0360	0,2299	0,1113	0,0204	0,1317	0,0427	0,0085	0,0512
Vegtransport	0,0488	0,0143	0,0631	0,0330	0,0091	0,0421	0,0219	0,0054	0,0274	0,0102	0,0024	0,0127
Banetransport	1,3447	0,0078	1,3524	1,0243	0,0064	1,0307	0,6620	0,0036	0,6656	0,3024	0,0013	0,3038
Sjøtransport	0,0000	0,0414	0,0414	0,0000	0,0383	0,0383	0,0000	0,0319	0,0319	0,0000	0,0215	0,0215
Alle	0,0496	0,0148	0,0644	0,0338	0,0096	0,0433	0,0225	0,0058	0,0283	0,0105	0,0027	0,0131

Tabell 7.35: Marginale eksterne kostnader pga hard skaderisiko, per kjøretøykm/togkm/fartøykm, for ulike transportmiddel - utvalgte år - 2019-kr.

X	2012 (2006-2017)			2019			2030			2050		
	Fysisk eksternalitet	System- eksternalitet	Marginal eksternt kostnad	Fysisk eksternalitet	System- eksternalitet	Marginal eksternt kostnad	Fysisk eksternalitet	System- eksternalitet	Marginal eksternt kostnad	Fysisk eksternalitet	System- eksternalitet	Marginal eksternt kostnad
Fotgjenger	0,0110	0,1002	0,1112	0,0075	0,0666	0,0741	0,0043	0,0387	0,0429	0,0015	0,0163	0,0178
Sykkel	0,0490	0,1420	0,1909	0,0334	0,0941	0,1276	0,0190	0,0524	0,0714	0,0068	0,0188	0,0256
Moped	0,0455	0,1386	0,1841	0,0311	0,0919	0,1230	0,0176	0,0505	0,0681	0,0063	0,0176	0,0239
Lett MC	0,1779	0,8623	1,0402	0,1215	0,5717	0,6932	0,0690	0,3128	0,3818	0,0248	0,1094	0,1342
Tung MC	0,0339	0,3331	0,3671	0,0232	0,2209	0,2441	0,0133	0,1210	0,1342	0,0048	0,0421	0,0469
Bil < 1200 kg	0,0639	0,0513	0,1152	0,0436	0,0340	0,0777	0,0251	0,0192	0,0443	0,0094	0,0074	0,0169
Bil 12-1400 kg	0,0500	0,0298	0,0797	0,0341	0,0197	0,0539	0,0196	0,0112	0,0308	0,0074	0,0043	0,0117
Bil 14-1600 kg	0,0417	0,0175	0,0592	0,0285	0,0116	0,0401	0,0164	0,0066	0,0230	0,0061	0,0026	0,0087
Bil > 1600 kg	0,0469	0,0160	0,0630	0,0321	0,0106	0,0427	0,0184	0,0060	0,0244	0,0068	0,0024	0,0092
Buss	0,1776	0,0299	0,2075	0,1213	0,0198	0,1411	0,1013	0,0159	0,1172	0,0553	0,0084	0,0637
Kombibil	0,0313	0,0136	0,0449	0,0214	0,0090	0,0304	0,0122	0,0054	0,0176	0,0044	0,0024	0,0068
Varebil	0,0253	0,0071	0,0324	0,0173	0,0047	0,0220	0,0099	0,0028	0,0127	0,0037	0,0011	0,0048
Lastebil	0,1931	0,0264	0,2194	0,1319	0,0175	0,1494	0,1110	0,0142	0,1252	0,0630	0,0078	0,0708
Tankbil	0,3314	0,0387	0,3701	0,2264	0,0257	0,2520	0,1938	0,0202	0,2140	0,1187	0,0098	0,1285
Semitrailer	0,1200	0,0273	0,1473	0,0820	0,0181	0,1001	0,0688	0,0144	0,0831	0,0384	0,0073	0,0457
Vognvog	0,1297	0,0152	0,1449	0,0886	0,0101	0,0987	0,0749	0,0081	0,0830	0,0432	0,0043	0,0475
Trikk	2,3791	1,3905	3,7696	1,7759	1,0074	2,7833	1,1350	0,6071	1,7420	0,5050	0,2417	0,7467
T-bane	0,1966	0,3205	0,5171	0,1468	0,2322	0,3790	0,0938	0,1399	0,2337	0,0417	0,0557	0,0975
Persontog	0,1188	0,0664	0,1852	0,0887	0,0481	0,1368	0,0567	0,0290	0,0857	0,0252	0,0115	0,0368
Godstog	0,3776	0,0792	0,4568	0,2819	0,0573	0,3392	0,1802	0,0346	0,2147	0,0802	0,0138	0,0939
Passasjerskip	0,0000	2,3390	2,3390	0,0000	2,0306	2,0306	0,0000	1,6259	1,6259	0,0000	1,0855	1,0855
Lasteskip	0,0000	0,2994	0,2994	0,0000	0,2600	0,2600	0,0000	0,2082	0,2082	0,0000	0,1390	0,1390
Fiskefartøy	0,0000	0,3332	0,3332	0,0000	0,2893	0,2893	0,0000	0,2316	0,2316	0,0000	0,1546	0,1546
Fritidsfartøy	0,0000	0,0059	0,0059	0,0000	0,0051	0,0051	0,0000	0,0041	0,0041	0,0000	0,0027	0,0027
Annet (vegtransp.)	0,2384	0,1178	0,3562	0,1628	0,0781	0,2410	0,0945	0,0438	0,1383	0,0368	0,0168	0,0535
Vegtransport	0,0522	0,0385	0,0907	0,0351	0,0252	0,0603	0,0218	0,0143	0,0361	0,0095	0,0054	0,0149
Banetransport	0,3710	0,2106	0,5816	0,2925	0,1666	0,4591	0,1805	0,0959	0,2764	0,0793	0,0366	0,1159
Sjøtransport	0,0000	0,0677	0,0677	0,0000	0,0772	0,0772	0,0000	0,0640	0,0640	0,0000	0,0430	0,0430
Alle	0,0518	0,0392	0,0910	0,0349	0,0261	0,0610	0,0218	0,0150	0,0368	0,0094	0,0059	0,0154

Tabell 7.36: Marginale eksterne kostnader pga lettere skaderisiko, per kjøretøykm/togkm/fartøykm, for ulike transportmiddel - utvalgte år - 2019-kr.

X	2012 (2006-2017)			2019			2030			2050		
	Fysisk eksternalitet	System- eksternalitet	Marginal ekstern kostnad	Fysisk eksternalitet	System- eksternalitet	Marginal ekstern kostnad	Fysisk eksternalitet	System- eksternalitet	Marginal ekstern kostnad	Fysisk eksternalitet	System- eksternalitet	Marginal ekstern kostnad
Fotgjenger	0,0109	0,0108	0,0217	0,0079	0,0075	0,0154	0,0050	0,0045	0,0095	0,0023	0,0019	0,0041
Sykkel	0,0258	0,0206	0,0464	0,0187	0,0144	0,0331	0,0118	0,0084	0,0202	0,0052	0,0033	0,0085
Moped	0,0342	0,0314	0,0656	0,0248	0,0219	0,0467	0,0155	0,0128	0,0283	0,0067	0,0049	0,0116
Lett MC	0,0854	0,0954	0,1808	0,0620	0,0665	0,1285	0,0389	0,0386	0,0775	0,0169	0,0146	0,0315
Tung MC	0,0259	0,0249	0,0508	0,0188	0,0174	0,0362	0,0118	0,0101	0,0219	0,0052	0,0039	0,0091
Bil < 1200 kg	0,0568	0,0133	0,0700	0,0412	0,0092	0,0504	0,0260	0,0055	0,0314	0,0115	0,0022	0,0137
Bil 12-1400 kg	0,0401	0,0079	0,0480	0,0291	0,0055	0,0346	0,0183	0,0033	0,0216	0,0081	0,0013	0,0094
Bil 14-1600 kg	0,0315	0,0050	0,0365	0,0229	0,0035	0,0263	0,0144	0,0020	0,0165	0,0064	0,0008	0,0072
Bil > 1600 kg	0,0329	0,0044	0,0374	0,0239	0,0031	0,0270	0,0151	0,0018	0,0169	0,0066	0,0007	0,0074
Buss	0,0816	0,0102	0,0918	0,0592	0,0071	0,0663	0,0363	0,0041	0,0405	0,0167	0,0018	0,0185
Kombibil	0,0205	0,0032	0,0237	0,0149	0,0022	0,0171	0,0094	0,0013	0,0107	0,0042	0,0006	0,0048
Varebil	0,0156	0,0020	0,0176	0,0113	0,0014	0,0127	0,0072	0,0008	0,0080	0,0032	0,0003	0,0035
Lastebil	0,1023	0,0056	0,1079	0,0742	0,0039	0,0781	0,0468	0,0023	0,0491	0,0235	0,0010	0,0245
Tankbil	0,0688	0,0090	0,0778	0,0499	0,0063	0,0562	0,0343	0,0037	0,0380	0,0217	0,0016	0,0234
Semitrailer	0,0476	0,0048	0,0524	0,0346	0,0034	0,0379	0,0215	0,0019	0,0234	0,0104	0,0008	0,0112
Vogntog	0,0450	0,0027	0,0477	0,0326	0,0019	0,0345	0,0207	0,0011	0,0218	0,0106	0,0004	0,0110
Trikk	1,1434	0,0417	1,1852	0,8626	0,0302	0,8929	0,5622	0,0182	0,5804	0,2586	0,0073	0,2658
T-bane	0,0129	0,0069	0,0198	0,0097	0,0050	0,0147	0,0064	0,0030	0,0094	0,0029	0,0012	0,0041
Persontog	0,0093	0,0018	0,0110	0,0070	0,0013	0,0083	0,0045	0,0008	0,0053	0,0021	0,0003	0,0024
Godstog	0,0344	0,0031	0,0375	0,0259	0,0023	0,0282	0,0169	0,0014	0,0183	0,0078	0,0005	0,0083
Passasjerskip	0,0000	0,0504	0,0504	0,0000	0,0437	0,0437	0,0000	0,0350	0,0350	0,0000	0,0234	0,0234
Lasteskip	0,0000	0,0065	0,0065	0,0000	0,0056	0,0056	0,0000	0,0045	0,0045	0,0000	0,0030	0,0030
Fiskefartøy	0,0000	0,0072	0,0072	0,0000	0,0062	0,0062	0,0000	0,0050	0,0050	0,0000	0,0033	0,0033
Fritidsfartøy	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001
Annet (vegtransp.)	0,1126	0,0169	0,1296	0,0817	0,0118	0,0935	0,0519	0,0070	0,0589	0,0236	0,0028	0,0264
Vegtransport	0,0368	0,0078	0,0446	0,0259	0,0052	0,0311	0,0163	0,0030	0,0193	0,0073	0,0012	0,0085
Banetransport	0,1117	0,0060	0,1178	0,0940	0,0048	0,0988	0,0578	0,0027	0,0606	0,0253	0,0011	0,0263
Sjøtransport	0,0000	0,0015	0,0015	0,0000	0,0017	0,0017	0,0000	0,0014	0,0014	0,0000	0,0009	0,0009
Alle	0,0363	0,0077	0,0440	0,0256	0,0052	0,0308	0,0162	0,0030	0,0192	0,0073	0,0012	0,0084

Tabell 7.37: Sum marginale eksterne kostnader pga skade- og dødsfallsrisiko, per kjøretøykm/togkm/fartøykm, for ulike transportmiddel - utvalgte år - 2019-kr.

X	2012 (2006-2017)			2019			2030			2050		
	Fysisk eksternalitet	System- eksternalitet	Marginal eksternt kostnad	Fysisk eksternalitet	System- eksternalitet	Marginal eksternt kostnad	Fysisk eksternalitet	System- eksternalitet	Marginal eksternt kostnad	Fysisk eksternalitet	System- eksternalitet	Marginal eksternt kostnad
Fotgjenger	0,0288	0,1424	0,1712	0,0201	0,0949	0,1150	0,0119	0,0567	0,0686	0,0047	0,0258	0,0305
Sykkel	0,1010	0,1950	0,2960	0,0699	0,1296	0,1995	0,0409	0,0729	0,1138	0,0157	0,0270	0,0427
Moped	0,0894	0,1900	0,2794	0,0625	0,1268	0,1893	0,0369	0,0705	0,1073	0,0143	0,0253	0,0396
Lett MC	0,3107	1,1674	1,4781	0,2156	0,7748	0,9903	0,1258	0,4254	0,5512	0,0480	0,1503	0,1983
Tung MC	0,0837	0,4806	0,5643	0,0581	0,3180	0,3761	0,0341	0,1737	0,2078	0,0132	0,0606	0,0738
Bil < 1200 kg	0,1603	0,0839	0,2442	0,1116	0,0558	0,1675	0,0663	0,0321	0,0984	0,0266	0,0130	0,0396
Bil 12-1400 kg	0,1212	0,0515	0,1728	0,0843	0,0343	0,1186	0,0498	0,0197	0,0696	0,0197	0,0080	0,0277
Bil 14-1600 kg	0,1025	0,0293	0,1318	0,0712	0,0195	0,0907	0,0420	0,0113	0,0533	0,0166	0,0047	0,0213
Bil > 1600 kg	0,1133	0,0270	0,1403	0,0786	0,0180	0,0965	0,0463	0,0105	0,0567	0,0182	0,0044	0,0226
Buss	0,4622	0,0578	0,5200	0,3178	0,0385	0,3563	0,2430	0,0286	0,2716	0,1220	0,0145	0,1365
Kombibil	0,0879	0,0199	0,1078	0,0607	0,0133	0,0739	0,0352	0,0079	0,0431	0,0134	0,0035	0,0169
Varebil	0,0586	0,0120	0,0706	0,0406	0,0080	0,0486	0,0240	0,0048	0,0287	0,0096	0,0021	0,0117
Lastebil	0,7523	0,0507	0,8030	0,5151	0,0336	0,5487	0,3958	0,0254	0,4213	0,2014	0,0132	0,2146
Tankbil	1,2065	0,0588	1,2654	0,8215	0,0392	0,8607	0,6469	0,0290	0,6759	0,3394	0,0136	0,3530
Semitrailer	0,4860	0,0503	0,5364	0,3318	0,0333	0,3652	0,2556	0,0249	0,2805	0,1273	0,0119	0,1392
Vogntog	0,5580	0,0283	0,5863	0,3804	0,0187	0,3991	0,2983	0,0140	0,3123	0,1589	0,0067	0,1656
Trikk	6,7896	1,4323	8,2218	5,1005	1,0376	6,1382	3,2986	0,6253	3,9239	1,4979	0,2490	1,7468
T-bane	0,9680	0,3974	1,3654	0,7281	0,2879	1,0160	0,4719	0,1735	0,6454	0,2151	0,0691	0,2842
Persontog	1,3199	0,0682	1,3881	0,9938	0,0494	1,0432	0,6454	0,0298	0,6752	0,2952	0,0119	0,3070
Godstog	1,7231	0,0823	1,8054	1,2959	0,0596	1,3555	0,8398	0,0359	0,8757	0,3826	0,0143	0,3969
Passasjerskip	0,0000	2,4878	2,4878	0,0000	2,1597	2,1597	0,0000	1,7294	1,7294	0,0000	1,1545	1,1545
Lasteskip	0,0000	0,3411	0,3411	0,0000	0,2961	0,2961	0,0000	0,2371	0,2371	0,0000	0,1583	0,1583
Fiskefartøy	0,0000	0,9279	0,9279	0,0000	0,8055	0,8055	0,0000	0,6450	0,6450	0,0000	0,4306	0,4306
Fritidsfartøy	0,0000	0,0376	0,0376	0,0000	0,0327	0,0327	0,0000	0,0262	0,0262	0,0000	0,0175	0,0175
Annet (vegtransp.)	0,6377	0,1902	0,8279	0,4384	0,1260	0,5644	0,2576	0,0712	0,3288	0,1031	0,0281	0,1311
Vegtransport	0,1378	0,0606	0,1984	0,0940	0,0395	0,1335	0,0601	0,0227	0,0828	0,0270	0,0091	0,0361
Banetransport	1,8275	0,2244	2,0518	1,4108	0,1778	1,5886	0,9003	0,1023	1,0026	0,4071	0,0390	0,4460
Sjøtransport	0,0000	0,1105	0,1105	0,0000	0,1171	0,1171	0,0000	0,0973	0,0973	0,0000	0,0654	0,0654
Alle	0,1376	0,0617	0,1993	0,0943	0,0408	0,1352	0,0604	0,0238	0,0842	0,0272	0,0098	0,0369

Det er banetransporten som har de klart høyest marginale eksterne kostnadene mht trafikkarbeidet. Dette kan knyttes til høy fysisk eksternalitet i ulykker med motpart. Dessuten har banetransporten et relativt lavt trafikkarbeid i forhold til transportarbeidet. Dette forklarer også de relativt høye systemeksternalitetene for trikk og for passasjerskip. I vegtransporten er det tankbiler som er estimert å ha høyest fysisk eksternalitet. For øvrig er det lett MC som er estimert å ha de høyeste systemeksternalitetene og den høyeste marginale eksterne kostnaden i vegtransport. Med antakelse om at det vil være en nedadgående trend i personskaderisikoen i transport også i de neste tiårene, så vil en også ha en nedadgående trend i de marginale eksterne kostnadene. (Risikoen, som beregnet i tabellene 79-81, inngår i alle komponentene av den marginale eksterne kostnaden.)

7.5.2.5 Marginal intern kostnad og marginal kostnad

Den marginale kostnaden er summen av eksternalitetene og en intern del. Den marginale interne kostnaden kan beregnes fra følgende uttrykk, for en gitt skadegrad, i :

$$\theta_{XY} r_{XY} a_i + r_{XO} a_i$$

Det vil si: Skadeandelen som et transportmiddel, X , påfører seg selv i motpartulykke, θ_{XY} , multipliseres med (halvert) skaderisiko for begge parter i kollisjon, r_{XY} (cellene i tabellene 79-81), og ex-ante-risikoverdsettingen, a . I tillegg inngår skaderisikoen ved ulykke uten motpart, r_{XO} , multiplisert med ex-ante-risikoverdsettingen, a .

7.5.3 Sammenstilling av marginale kostnader og gjennomsnittskostnader

De følgende tabellene oppsummerer de marginale kostnadene, eksterne og interne, sammen med de estimerte gjennomsnittskostnadene. Dette blir oppgitt per transportmiddel for hhv. dødsfall, harde skader og lettere skader, og de utvalgte årene er 2012 (2006-2017), 2019, 2030 og 2050.

Tabell 7.38: Sammenstilling av marginale kostnader og gjennomsnittskostnader, per kjøretøykm/togkm/fartøykm, for ulike transportmiddel - utvalgte år.

X	2012 (2006-2017)					2019				
	Marginal ekstern kostnad	Marginal intern kostnad	Andel ekstern	SUM marginal kostnad	Gjennomsnittskostnad	Marginal ekstern kostnad	Marginal intern kostnad	Andel ekstern	SUM marginal kostnad	Gjennomsnittskostnad
Fotgjenger	0,1712	0,4656	27 %	0,6368	0,6368	0,1150	0,3259	26 %	0,4409	0,4409
Sykkel	0,2960	0,6260	32 %	0,9220	0,9220	0,1995	0,4376	31 %	0,6371	0,6371
Moped	0,2794	0,6254	31 %	0,9048	0,9048	0,1893	0,4409	30 %	0,6302	0,6302
Lett MC	1,4781	3,6496	29 %	5,1277	5,1277	0,9903	2,5428	28 %	3,5331	3,5331
Tung MC	0,5643	1,5764	26 %	2,1407	2,1407	0,3761	1,0905	26 %	1,4665	1,4665
Bil < 1200 kg	0,2442	0,3184	43 %	0,5626	0,5626	0,1675	0,2230	43 %	0,3905	0,3905
Bil 12-1400 kg	0,1728	0,2028	46 %	0,3756	0,3756	0,1186	0,1418	46 %	0,2603	0,2603
Bil 14-1600 kg	0,1318	0,1134	54 %	0,2452	0,2452	0,0907	0,0795	53 %	0,1702	0,1702
Bil > 1600 kg	0,1403	0,1051	57 %	0,2454	0,2454	0,0965	0,0736	57 %	0,1701	0,1701
Buss	0,5200	0,2450	68 %	0,7650	0,7650	0,3563	0,1713	68 %	0,5276	0,5276
Kombibil	0,1078	0,0697	61 %	0,1775	0,1775	0,0739	0,0490	60 %	0,1229	0,1229
Varebil	0,0706	0,0464	60 %	0,1170	0,1170	0,0486	0,0325	60 %	0,0811	0,0811
Lastebil	0,8030	0,2093	79 %	1,0124	1,0124	0,5487	0,1452	79 %	0,6939	0,6939
Tankbil	1,2654	0,2111	86 %	1,4764	1,4764	0,8607	0,1480	85 %	1,0087	1,0087
Semitrailer	0,5364	0,2013	73 %	0,7377	0,7377	0,3652	0,1397	72 %	0,5048	0,5048
Vogntog	0,5863	0,1138	84 %	0,7001	0,7001	0,3991	0,0789	84 %	0,4780	0,4780
Trikk	8,2218	2,9125	74 %	11,1343	11,1343	6,1382	2,2084	74 %	8,3466	8,3466
T-bane	1,3654	1,0860	56 %	2,4514	2,4514	1,0160	0,8235	55 %	1,8394	1,8394
Persontog	1,3881	0,1375	91 %	1,5256	1,5256	1,0432	0,1043	91 %	1,1475	1,1475
Godstog	1,8054	0,1716	91 %	1,9770	1,9770	1,3555	0,1301	91 %	1,4856	1,4856
Passasjerskip	2,4878	5,3584	32 %	7,8462	7,8462	2,1597	4,8687	31 %	7,0284	7,0284
Lasteskip	0,3411	0,8267	29 %	1,1678	1,1678	0,2961	0,7512	28 %	1,0473	1,0473
Fiskefartøy	0,9279	4,3343	18 %	5,2621	5,2621	0,8055	3,9382	17 %	4,7437	4,7437
Fritidsfartøy	0,0376	0,2088	15 %	0,2464	0,2464	0,0327	0,1897	15 %	0,2224	0,2224
Annet (vegtransport)	0,8279	0,6954	54 %	1,5234	1,5234	0,5644	0,4827	54 %	1,0472	1,0472
Vegtransport samlet	0,1984	0,2212	47 %	0,4196	0,4196	0,1335	0,1507	47 %	0,2842	0,2842
Banetransport samlet	2,0518	0,4871	81 %	2,5389	2,5389	1,5886	0,4050	80 %	1,9936	1,9936
Sjøtransport samlet	0,1105	0,3950	22 %	0,5055	0,5055	0,1171	0,4132	22 %	0,5303	0,5303
All veg-, bane- og sjøtransport	0,1993	0,2244	47 %	0,4238	0,4238	0,1352	0,1549	47 %	0,2901	0,2901

Merknad: 2019-kroner.

Tabell 7.39: Sammenstilling av marginale kostnader og gjennomsnittskostnader, per kjøretøykm/togkm/fartøykm, for ulike transportmiddel - utvalgte år.

X	2030					2050				
	Marginal ekstern kostnad	Marginal intern kostnad	Andel ekstern	SUM marginal kostnad	Gjennomsnittskostnad	Marginal ekstern kostnad	Marginal intern kostnad	Andel ekstern	SUM marginal kostnad	Gjennomsnittskostnad
Fotgjenger	0,0686	0,2181	24 %	0,2867	0,2867	0,0305	0,1237	20 %	0,1543	0,1543
Sykkel	0,1138	0,2719	30 %	0,3858	0,3858	0,0427	0,1220	26 %	0,1646	0,1646
Moped	0,1073	0,2716	28 %	0,3790	0,3790	0,0396	0,1180	25 %	0,1576	0,1576
Lett MC	0,5512	1,5332	26 %	2,0844	2,0844	0,1983	0,6434	24 %	0,8417	0,8417
Tung MC	0,2078	0,6501	24 %	0,8579	0,8579	0,0738	0,2669	22 %	0,3407	0,3407
Bil < 1200 kg	0,0984	0,1421	41 %	0,2406	0,2406	0,0396	0,0697	36 %	0,1094	0,1094
Bil 12-1400 kg	0,0696	0,0903	44 %	0,1599	0,1599	0,0277	0,0441	39 %	0,0718	0,0718
Bil 14-1600 kg	0,0533	0,0512	51 %	0,1045	0,1045	0,0213	0,0259	45 %	0,0472	0,0472
Bil > 1600 kg	0,0567	0,0475	54 %	0,1043	0,1043	0,0226	0,0243	48 %	0,0469	0,0469
Buss	0,2716	0,1312	67 %	0,4028	0,4028	0,1365	0,0749	65 %	0,2114	0,2114
Kombibil	0,0431	0,0317	58 %	0,0749	0,0749	0,0169	0,0164	51 %	0,0333	0,0333
Varebil	0,0287	0,0217	57 %	0,0505	0,0505	0,0117	0,0118	50 %	0,0235	0,0235
Lastebil	0,4213	0,1142	79 %	0,5355	0,5355	0,2146	0,0661	76 %	0,2807	0,2807
Tankbil	0,6759	0,1121	86 %	0,7880	0,7880	0,3530	0,0592	86 %	0,4122	0,4122
Semitrailer	0,2805	0,1085	72 %	0,3890	0,3890	0,1392	0,0582	71 %	0,1975	0,1975
Vogntog	0,3123	0,0609	84 %	0,3732	0,3732	0,1656	0,0319	84 %	0,1975	0,1975
Trikk	3,9239	1,4527	73 %	5,3767	5,3767	1,7468	0,6784	72 %	2,4252	2,4252
T-bane	0,6454	0,5417	54 %	1,1871	1,1871	0,2842	0,2530	53 %	0,5371	0,5371
Persontog	0,6752	0,0686	91 %	0,7438	0,7438	0,3070	0,0320	91 %	0,3391	0,3391
Godstog	0,8757	0,0856	91 %	0,9613	0,9613	0,3969	0,0400	91 %	0,4369	0,4369
Passasjerskip	1,7294	4,2557	29 %	5,9850	5,9850	1,1545	3,3319	26 %	4,4865	4,4865
Lasteskip	0,2371	0,6566	27 %	0,8937	0,8937	0,1583	0,5141	24 %	0,6724	0,6724
Fiskefartøy	0,6450	3,4423	16 %	4,0873	4,0873	0,4306	2,6952	14 %	3,1258	3,1258
Fritidsfartøy	0,0262	0,1658	14 %	0,1920	0,1920	0,0175	0,1298	12 %	0,1473	0,1473
Annet (vegtransport)	0,3288	0,3000	52 %	0,6288	0,6288	0,1311	0,1419	48 %	0,2730	0,2730
Vegtransport samlet	0,0828	0,0958	46 %	0,1786	0,1786	0,0361	0,0462	44 %	0,0823	0,0823
Banetransport samlet	1,0026	0,2541	80 %	1,2567	1,2567	0,4460	0,1133	80 %	0,5593	0,5593
Sjøtransport samlet	0,0973	0,3754	21 %	0,4727	0,4727	0,0654	0,2960	18 %	0,3614	0,3614
All veg-, bane- og sjøtransport	0,0842	0,0996	46 %	0,1838	0,1838	0,0369	0,0492	43 %	0,0861	0,0861

Merknad: 2019-kroner

Med antakelse om risikoelastisitet lik 0, og dermed 0 trafikkvolumeksternalitet, vil de marginale kostnadene (eksterne pluss interne) være lik gjennomsnittskostnadene. Det at det ikke var registrert motpartulykker i sjøtransporten bidrar til å forklare at det i denne transportsektoren er lavest beregnet andel ekstern kostnad.

7.6 Følsomhetsanalyser

7.6.1 Underrapportering av skader og mulig selvvalgsandel i offisielle data

Det er kjørt en parallell analyse på oppjusterte skadedata, med justeringer som gitt i tabell 78 (se tabellene V1.1-V1.2). Dette gir økte risikoestimer for hard skade og lettere skade.

Et annet, for så vidt motsatt forhold, er at offisielle data for transportdødsfall kan inneholde selvvalg-dødsfall, selv om transportsektorene normalt ikke inkluderer slike dødsfall i den offisielle statistikken (verken Politiet/SSB, SJT eller Sjøfartsdirektoratet). Vi vil her teste effekten av en antakelse om at en andel av de drepte motpartene (Y), i private transportmiddel, i ulykker med tyngre kjøretøy og banetransport (X) er selvvalg. Andelen «overrapportering» settes til 10 % (altså en rapporteringsgrad lik 110 %).

Den følgende tabellen oppsummerer resultatene av disse to alternative beregningene av marginale kostnader og gjennomsnittskostnader.

Tabell 7.40: Følsomhetsanalyse - underrapportering av skader / overrapportering av dødsfall - kostnader per kjøretøykm/togkm/fartøykm for ulike transportmiddel - 2012 (2006-2017) - 2019-kr.

X	Underrapportering av skader					Overrapportering av dødsfall				
	Marginal ekstern kostnad	Marginal intern kostnad	Andel ekstern	SUM marginal kostnad	Gjennomsnittskostnad	Marginal ekstern kostnad	Marginal intern kostnad	Andel ekstern	SUM marginal kostnad	Gjennomsnittskostnad
Fotgjenger	0,2234	0,5947	27 %	0,8181	0,8181	0,1702	0,4593	27 %	0,6296	0,6296
Sykkel	0,4245	0,9289	31 %	1,3535	1,3535	0,2955	0,6229	32 %	0,9184	0,9184
Moped	0,3721	0,8765	30 %	1,2486	1,2486	0,2792	0,6240	31 %	0,9032	0,9032
Lett MC	1,9127	4,7297	29 %	6,6424	6,6424	1,4768	3,6416	29 %	5,1184	5,1184
Tung MC	0,7206	1,9470	27 %	2,6676	2,6676	0,5638	1,5732	26 %	2,1370	2,1370
Bil < 1200 kg	0,2931	0,3841	43 %	0,6772	0,6772	0,2438	0,3163	44 %	0,5601	0,5601
Bil 12-1400 kg	0,2053	0,2421	46 %	0,4474	0,4474	0,1725	0,2013	46 %	0,3738	0,3738
Bil 14-1600 kg	0,1552	0,1366	53 %	0,2918	0,2918	0,1316	0,1125	54 %	0,2442	0,2442
Bil > 1600 kg	0,1652	0,1264	57 %	0,2916	0,2916	0,1402	0,1042	57 %	0,2444	0,2444
Buss	0,5829	0,2649	69 %	0,8478	0,8478	0,5045	0,2450	67 %	0,7495	0,7495
Kombibil	0,1216	0,0762	61 %	0,1978	0,1978	0,1078	0,0697	61 %	0,1775	0,1775
Varebil	0,0811	0,0503	62 %	0,1315	0,1315	0,0706	0,0464	60 %	0,1170	0,1170
Lastebil	0,8646	0,2221	80 %	1,0867	1,0867	0,7652	0,2093	79 %	0,9746	0,9746
Tankbil	1,3378	0,2339	85 %	1,5717	1,5717	1,2450	0,2111	86 %	1,4561	1,4561
Semitrailer	0,5670	0,2147	73 %	0,7817	0,7817	0,5117	0,2013	72 %	0,7131	0,7131
Vogntog	0,6159	0,1208	84 %	0,7367	0,7367	0,5557	0,1138	83 %	0,6695	0,6695
Trikk	9,2810	3,2644	74 %	12,5454	12,5454	8,0335	2,9125	73 %	10,9460	10,9460
T-bane	1,4574	1,1657	56 %	2,6231	2,6231	1,2964	1,0860	54 %	2,3824	2,3824
Persontog	1,4266	0,1543	90 %	1,5809	1,5809	1,2851	0,1375	90 %	1,4226	1,4226
Godstog	1,9130	0,1925	91 %	2,1055	2,1055	1,6921	0,1716	91 %	1,8637	1,8637
Passasjerskip	2,7603	5,9398	32 %	8,7001	8,7001	2,4878	5,3584	32 %	7,8462	7,8462
Lasteskip	0,3760	0,9012	29 %	1,2771	1,2771	0,3411	0,8267	29 %	1,1678	1,1678
Fiskefartøy	0,9667	4,4171	18 %	5,3838	5,3838	0,9279	4,3343	18 %	5,2621	5,2621
Fritidsfartøy	0,0403	0,2145	16 %	0,2548	0,2548	0,0376	0,2088	15 %	0,2464	0,2464
Annet (vegtransport)	0,9383	0,8014	54 %	1,7397	1,7397	0,8279	0,6954	54 %	1,5234	1,5234
Vegtransport samlet	0,2349	0,2713	46 %	0,5062	0,5062	0,1968	0,2199	47 %	0,4166	0,4166
Banetransport samlet	2,1971	0,5404	80 %	2,7375	2,7375	1,9433	0,4871	80 %	2,4304	2,4304
Sjøtransport samlet	0,1202	0,4157	22 %	0,5359	0,5359	0,1105	0,3950	22 %	0,5055	0,5055
All veg-, bane- og sjøtransport	0,2355	0,2740	46 %	0,5096	0,5096	0,1976	0,2231	47 %	0,4207	0,4207

Merknad: 2019-kroner.

Endrede forutsetninger for skadeantallet i transport vil påvirke estimatene. En oppjustering av skadeantallet basert på prosentatsene i tabell 78 vil øke både den marginale eksterne og den marginale interne kostnaden. Økningen i marginale kostnader (og gjennomsnittskostnaden) er på snaut 20 % sammenliknet med estimatene gitt for 2012 (2006-2017) i tabell 98.

Reduksjon av antallet drepte i private transportmiddel i ulykker med tyngre kjøretøy og banetransportmiddel vil bidra til å redusere den estimerte fysiske eksternaliteten for tyngre kjøretøy og banetransportmiddel og å redusere systemeksternaliteten for fotgjengere, syklende, moped-/MC-kjørende og bilkjørende. Men, forutsetning om 10 % «overrapportering» av slike dødsfall gir relativt liten reduksjon i de estimerte kostnadene, sammenliknet med estimatene gitt for 2012 (2006-2017) i tabell 98.

7.6.2 Negativ risikoelastisitet i motpartulykker i vegtransporten

Effekten på andres risiko av at en ekstra enhet av et transportmiddel kommer inn i transportsystemet vil sannsynligvis variere betydelig, både mht motpartkombinasjoner og mht andre forhold ved transportsystemet/-infrastrukturen (f.eks. ulike effekter ved ulik trafikk tetthet i utgangspunktet). Ulykkeselastisiteten og risikoelastisiteten vil også kunne variere mht skadegraden, slik at effekten på risikoen for dødsfall ikke nødvendigvis er lik effekten på risikoen for lettere skade (Fridstrøm, 1999, 2011; Høye 2016).

Det finnes relativt begrenset litteratur som presenterer risikoelastisiteter på disaggregert nivå, dvs. for ulike motparter i ulike infrastrukturetyper og ulike trafikkvolum. Men, i forbindelse med estimering av ulykkesmodeller for vegtransport i Norge, estimerte Høye (2016) modeller for dødsfall, harde skader og lettere skader, der årsgjennsnitttrafikken (ÅDT) inngikk som uavhengig variabel. De estimerte koeffisientene for $\ln(\text{ÅDT})$ i modellene for dødsfall, hard skade og lettere skade var hhv. 0,811, 0,841 og 0,962. Disse koeffisientene kan tolkes som generelle (eller gjennomsnittlige) ulykkeselastisiteter for de nevnte skadegrader på norske veger. Vi kan så utlede risikoelastisiteter ved å trekke fra 1, og får da -0,189 for dødsfall, -0,159 for hard skade og -0,038 for lettere skade. Vi avrunder disse til -0,19, -0,16 og -0,04. Den følgende tabellen oppsummerer estimert trafikkvolumeksternaliteter i vegtransporten under disse alternative forutsetningene, og en vil da estimere marginalkostnader i vegtransport som er forskjellig fra gjennomsnittskostnaden.

Tabell 7.41: Følsomhetsanalyse - risikoelastisitet lavere enn null ved motpartulykker i vegtransport - kostnader per kjøretøykm/togkm/fartøykm for ulike transportmiddel - 2012 (2006-2017) - 2019-kr.

X	Risikoelastisitet lavere enn null: -0,19 for dødsfall, -0,16 for hard skade, -0,04 for lettere skade (kun vegtrafikkulykker)							
	Trafikkvolum-eksternalitet	Fysisk eksternalitet	System-eksternalitet	Marginal ekstern kostnad	Marginal intern kostnad	Andel ekstern	SUM marginal kostnad	Gjennomsnittskostnad
Fotgjenger	-0,0805	0,0288	0,1424	0,0907	0,4656	16 %	0,5563	0,6368
Sykkel	-0,0931	0,1010	0,1950	0,2029	0,6260	24 %	0,8289	0,9220
Moped	-0,0615	0,0894	0,1900	0,2179	0,6254	26 %	0,8433	0,9048
Lett MC	-0,3427	0,3107	1,1674	1,1355	3,6496	24 %	4,7851	5,1277
Tung MC	-0,1355	0,0837	0,4806	0,4288	1,5764	21 %	2,0052	2,1407
Bil < 1200 kg	-0,0448	0,1603	0,0839	0,1994	0,3184	39 %	0,5179	0,5626
Bil 12-1400 kg	-0,0306	0,1212	0,0515	0,1421	0,2028	41 %	0,3450	0,3756
Bil 14-1600 kg	-0,0216	0,1025	0,0293	0,1102	0,1134	49 %	0,2236	0,2452
Bil > 1600 kg	-0,0226	0,1133	0,0270	0,1177	0,1051	53 %	0,2228	0,2454
Buss	-0,0825	0,4622	0,0578	0,4375	0,2450	64 %	0,6825	0,7650
Kombibil	-0,0186	0,0879	0,0199	0,0892	0,0697	56 %	0,1589	0,1775
Varebil	-0,0122	0,0586	0,0120	0,0584	0,0464	56 %	0,1048	0,1170
Lastebil	-0,1326	0,7523	0,0507	0,6704	0,2093	76 %	0,8797	1,0124
Tankbil	-0,2139	1,2065	0,0588	1,0515	0,2111	83 %	1,2625	1,4764
Semitrailer	-0,0881	0,4860	0,0503	0,4482	0,2013	69 %	0,6496	0,7377
Vogntog	-0,1013	0,5580	0,0283	0,4850	0,1138	81 %	0,5988	0,7001
Trikk	0,0000	6,7896	1,4323	8,2218	2,9125	74 %	11,1343	11,1343
T-bane	0,0000	0,9680	0,3974	1,3654	1,0860	56 %	2,4514	2,4514
Persontog	0,0000	1,3199	0,0682	1,3881	0,1375	91 %	1,5256	1,5256
Godstog	0,0000	1,7231	0,0823	1,8054	0,1716	91 %	1,9770	1,9770
Passasjerskip	0,0000	0,0000	2,4878	2,4878	5,3584	32 %	7,8462	7,8462
Lasteskip	0,0000	0,0000	0,3411	0,3411	0,8267	29 %	1,1678	1,1678
Fiskefartøy	0,0000	0,0000	0,9279	0,9279	4,3343	18 %	5,2621	5,2621
Fritidsfartøy	0,0000	0,0000	0,0376	0,0376	0,2088	15 %	0,2464	0,2464
Annet (vegtransport)	-0,1437	0,6377	0,1902	0,6842	0,6954	50 %	1,3796	1,5234
Vegtransport samlet	-0,0382	0,1378	0,0606	0,1603	0,2212	42 %	0,3815	0,4196
Banetransport samlet	0,0000	1,8275	0,2244	2,0518	0,4871	81 %	2,5389	2,5389
Sjøtransport samlet	0,0000	0,0000	0,1105	0,1105	0,3950	22 %	0,5055	0,5055
All veg-, bane- og sjøtransport	-0,0375	0,1376	0,0617	0,1618	0,2244	42 %	0,3863	0,4238

Merknad: De alternative risikoelastisitetene for vegtransport er basert på Høye (2016).

De endrede forutsetningene for risikoelastisiteten gir et bidrag fra trafikkvolum-eksternaliteten som trekker ned marginalkostnaden i vegtransport med ca. 10 % sammenliknet med estimatene gitt for 2012 (2006-2017) i tabell 98.

7.7 Oppsummering

I dette kapitlet har vi estimert marginale eksterne personulykkekostnader. I tillegg har vi estimert marginale interne personulykkekostnader, og med antakelsen om risikoelastisitet lik 0 så er summen av disse, den marginale personulykkekostnaden, mht trafikkarbeidet, lik den gjennomsnittlige personskadestigningen mht trafikkarbeidet (per kjøretøykm/togkm/fartøykm).

Med utgangspunkt i metoden og formlene fra Lindberg (2001, 2005) har vi gjennomført differensierte beregninger mht transportmiddelkombinasjoner og skadegrad. Vi har i vår analyse skilt mellom flere transportmiddel enn i tidligere undersøkelser, det være seg transportmiddel til lands, til vanns og til sjøs.

De to fremste begrensningene for å gjennomføre differensierte analyser, mht transportmiddel (og mht infrastrukturmessige/geografiske forhold), er at datagrunnlaget kan bli for spinkelt, samt at det også blir vanskeligere å matche skadedataspesifiseringer med spesifiseringer i trafikk- og transportarbeidsstatistikk. For å få mest mulig korrekte risiko- og skadefordelingsestimater bør datagrunnlaget (antall år som inngår med registreringer) være størst mulig. Vi har håndtert det med trender i utviklingen, en nedadgående personskaderisiko, ved å ta dette inn i vår modellering. Derfor kan vi i ettertid vurdere det slik at vi helst burde ha utvidet den tolvårige dataperioden vi har bygget på (2006-2017), for å få sikrere risikoestimater.

Den estimerte risikotrendeffekten gir en betydelig risikoreduksjon fra det året vi har satt som midtpunktsår i dataperioden, 2012, og til inneværende år, 2019. Dette har selvsagt også en effekt på estimerte kostnader: Den vektete marginale eksterne kostnaden i transport er estimert til ca 20 øre per kjøretøykm/togkm/fartøykm i 2012 (i 2019-kr), mens den er predikert til å være under 14 øre per kjøretøykm/ togkm/fartøykm i 2019. Deretter er den predikert til å synke videre til godt under ti øre i 2030 og under fem øre i 2050.

Våre estimater for gjennomsnittlige personskadestigninger per tonnkilometer godstog og lasteskip, for året 2012 (tabell 3.29), ligger relativt nær tilsvarende estimater fra Magnussen et al. (2015). De vektete estimatene for vegtransporten (tabellene 93, 97 og 98), for året 2012, ligger relativt nær de vektete estimatene for vegtransport rapportert av Thune-Larsen et al. (2014). Men spesielt pga våre forutsetninger om risikoelastisitet vil resultatene sprike for enkelte transportmiddel. Med forutsetning om risikoelastisitet lik 0 finner vi høyeste marginale eksterne personskadestigning for lett MC og for tankbiler, blant transportmidlene på veg. På bane er det trikken som har klart høyeste marginale eksterne personskadestigninger (per togkm).

Differensiering av transportmidler vil bidra til å redusere presisjonen av risiko- og skadefordelingsestimater, alt annet likt. Imidlertid synes det opplagt å differensiere mellom f.eks. trikk og t-bane, da det skulle framgå at dette er to helt ulike transportmidler mht ulykkeskostnader. Inndeling av bilene i vektklasser skulle ha relativt mye mindre å si for presisjonen i estimatene, da dette er transportmiddelgruppene med det høyeste trafikkarbeidet. Imidlertid finner ingen økende marginal ekstern personskadestigning med økende bilvekt. Alt annet likt så skulle en kunne forvente en slik sammenheng pga skadefordelingsparameteren (Hultkrantz & Lindberg, 2011). Men, heller ikke om vi ser kun

på den fysiske eksternaliteten finner vi en ingen slik stigning i våre estimater for de fire bilvektklassene. Når det gjelder tyngre godskjøretøy finner vi ingen særlig forskjell mellom vogntog og semitrailer, mens lastebil ligger litt høyere og tankbiler høyest. Her vil tallgrunnlaget være mer spinkelt, slik at differensiering kan gi noe mer upresise estimater. Dessuten kan det være inkonsistens mellom kjøretøyklassifiseringen i skadedataene versus klassifiseringen mht trafikkarbeid/transportarbeid.

Vi vil til slutt oppsummere estimatene for året 2019 ved å vise, i tabellformat, de ulike formlene som ble gjennomgått innledningsvis, under 7.1, samt i 7.5.2.

Tabell 7.42: Sammenstilling av estimater basert på formler for kostnadskomponenter, for ulike transportmiddel og samlet, dødsfall – 2019.

X	Vektet theta (θ)	Risiko – kollisjons- involvering (r)	Ex-ante-verdi (a) 36 570 019	Ex-post-kostnad (c) 5 610 992	Gjennomsnittskostnad	Fysisk eksternalitet	System- eksternalitet	Trafikkvolum- eksternalitet	Intern	Sum eksternt	Sum marginal kostnad	Total- kostnad	Sum marginal kostnad	Sum eksternt	Trafikkvolum- eksternalitet	Vektet risikoelastisitet - alt.foruts. (E)	
	kun ulykker m/motpart	kun ulykker m/motpart	kun ulykker u/motpart (n)	risiko-elastisitet (E)	$r(a+\epsilon) + r_0(a+\epsilon)$	$(1-\theta)r(a+\epsilon)$	$\theta r_0 + r_{0c}$	$E r(a+\epsilon) + E_0 r_0(a+\epsilon)$	$\theta r_0 + r_{0d}$	$(1-\theta+E)r_0 + (1+E)r_0$	$(1+E)r_0(a+\epsilon) + (1+E_0)r_0(a+\epsilon)$	$r(a+\epsilon) \times km$	$(1+E)r_0(a+\epsilon) + (1+E_0)r_0(a+\epsilon)$	$(1-\theta+E)r_0 + (1+E)r_0 + (1+E_0)r_{0c}$	$E r(a+\epsilon) + E_0 r_0(a+\epsilon)$	kun ulykker m/mot-part	kun ulykker u/mot-part
Fotgjenger	0,9704	0,0038	0,0000	0,0000	0,1608	0,0048	0,0208	0,0000	0,1353	0,0255	0,1608	410 073 503	0,1345	-0,0008	-0,0263	-0,1637	0,0000
Sykkler	0,8384	0,0026	0,0016	0,0000	0,1768	0,0178	0,0211	0,0000	0,1378	0,0389	0,1768	227 902 372	0,1562	0,0184	-0,0205	-0,1863	0,0000
Moped	0,8670	0,0012	0,0013	0,0000	0,1041	0,0066	0,0130	0,0000	0,0845	0,0196	0,1041	60 569 628	0,0947	0,0101	-0,0094	-0,1900	0,0000
Lett MC	0,9191	0,0094	0,0157	0,0000	1,0587	0,0322	0,1365	0,0000	0,8899	0,1688	1,0587	84 905 924	0,9864	0,0964	-0,0723	-0,1817	0,0000
Tung MC	0,9340	0,0058	0,0088	0,0000	0,6150	0,0162	0,0797	0,0000	0,5192	0,0958	0,6150	541 286 565	0,5685	0,0493	-0,0465	-0,1900	0,0000
Bil < 1200 kg	0,6284	0,0017	0,0012	0,0000	0,1212	0,0268	0,0126	0,0000	0,0818	0,0394	0,1212	701 610 849	0,1075	0,0257	-0,0137	-0,1899	0,0000
Bil 12-1400 kg	0,5881	0,0012	0,0009	0,0000	0,0887	0,0211	0,0090	0,0000	0,0586	0,0301	0,0887	845 870 418	0,0789	0,0204	-0,0097	-0,1899	0,0000
Bil 14-1600 kg	0,4191	0,0008	0,0005	0,0000	0,0531	0,0198	0,0044	0,0000	0,0289	0,0243	0,0531	677 635 526	0,0467	0,0178	-0,0064	-0,1887	0,0000
Bil > 1600 kg	0,3731	0,0009	0,0004	0,0000	0,0547	0,0226	0,0043	0,0000	0,0278	0,0269	0,0547	494 403 661	0,0478	0,0200	-0,0068	-0,1898	0,0000
Buss	0,1225	0,0037	0,0016	0,0000	0,2240	0,1373	0,0115	0,0000	0,0752	0,1488	0,2240	120 108 154	0,1943	0,1191	-0,0297	-0,1900	0,0000
Kombibil	0,2381	0,0008	0,0002	0,0000	0,0396	0,0244	0,0020	0,0000	0,0132	0,0264	0,0396	8 537 526	0,0336	0,0203	-0,0061	-0,1900	0,0000
Varebil	0,4231	0,0005	0,0001	0,0000	0,0261	0,0120	0,0019	0,0000	0,0122	0,0139	0,0261	188 545 653	0,0222	0,0099	-0,0039	-0,1900	0,0000
Lastebil	0,0546	0,0077	0,0018	0,0000	0,4008	0,3089	0,0122	0,0000	0,0796	0,3212	0,4008	388 371 767	0,3387	0,2591	-0,0621	-0,1900	0,0000
Tankbil	0,0000	0,0129	0,0013	0,0000	0,5994	0,5452	0,0072	0,0000	0,0470	0,5524	0,5994	30 489 502	0,4959	0,4488	-0,1036	-0,1900	0,0000
Semitrailer	0,0630	0,0055	0,0018	0,0000	0,3044	0,2155	0,0118	0,0000	0,0771	0,2273	0,3044	203 076 985	0,2610	0,1840	-0,0433	-0,1885	0,0000
Vogntog	0,0417	0,0064	0,0009	0,0000	0,3099	0,2592	0,0067	0,0000	0,0439	0,2659	0,3099	173 490 652	0,2585	0,2145	-0,0514	-0,1900	0,0000
Trikk	0,0000	0,0584	0,0000	0,0000	2,4620	2,4620	0,0000	0,0000	0,0000	2,4620	2,4620	16 982 337	2,4620	2,4620	0,0000	0,0000	0,0000
T-bane	0,0000	0,0136	0,0090	0,0000	0,9526	0,5716	0,0507	0,0000	0,3304	0,6223	0,9526	8 506 719	0,9526	0,6223	0,0000	0,0000	0,0000
Persontog	0,0000	0,0213	0,0000	0,0000	0,8981	0,8981	0,0000	0,0000	0,0000	0,8981	0,8981	38 819 172	0,8981	0,8981	0,0000	0,0000	0,0000
Godstog	0,0000	0,0234	0,0000	0,0000	0,9881	0,9881	0,0000	0,0000	0,0000	0,9881	0,9881	11 424 016	0,9881	0,9881	0,0000	0,0000	0,0000
Pass. skip	0,5000	0,0000	0,0152	0,0000	0,6420	0,0000	0,0854	0,0000	0,5566	0,0854	0,6420	13 138 492	0,6420	0,0854	0,0000	0,0000	0,0000
Lasteskip	0,5000	0,0000	0,0054	0,0000	0,2297	0,0000	0,0306	0,0000	0,1991	0,0306	0,2297	10 897 745	0,2297	0,0306	0,0000	0,0000	0,0000
Fiskefartøy	0,5000	0,0000	0,0909	0,0000	3,8339	0,0000	0,5100	0,0000	3,3239	0,5100	3,8339	58 452 073	3,8339	0,5100	0,0000	0,0000	0,0000
Fritidsfartøy	0,5000	0,0000	0,0049	0,0000	0,2062	0,0000	0,0274	0,0000	0,1788	0,0274	0,2062	148 555 851	0,2062	0,0274	0,0000	0,0000	0,0000
Annet (vegtr.)	0,3297	0,0069	0,0042	0,0000	0,4648	0,1940	0,0360	0,0000	0,2348	0,2300	0,4648	257 771 646	0,4102	0,1754	-0,0546	-0,1888	0,0000
Vegtrasp.	0,4954	0,0016	0,0008	0,0000	0,1016	0,0330	0,0091	0,0000	0,0595	0,0421	0,1016	549 590 294	0,0892	0,0297	-0,0124	-0,1882	0,0000
Banetrasp.	0,0000	0,0243	0,0011	0,0000	1,0730	1,0248	0,0064	0,0000	0,0418	1,0312	1,0730	28 372 665	1,0730	1,0312	0,0000	0,0000	0,0000
Sjøtrasp.	0,5000	0,0000	0,0068	0,0000	0,2876	0,0000	0,0383	0,0000	0,2493	0,0383	0,2876	135 267 718	0,2876	0,0383	0,0000	0,0000	0,0000
Alle	0,4948	0,0016	0,0009	0,0000	0,1056	0,0338	0,0096	0,0000	0,0623	0,0434	0,1056	542 764 352	0,0934	0,0312	-0,0122	-0,1852	0,0000

Tabell 7.43: Sammenstilling av estimater basert på formler for kostnadskomponenter, for ulike transportmiddel og samlet, harde skader – 2019.

X	Vektet theta (θ)	Risiko – kollisjons-involvering (r)	Ex-ante-verdi (a) 7 158 158	Ex-post-kostnad (c) 3 672 224	Gjennsnitts-kostnad	Fysisk eksternalitet	System-eksternalitet	Trafikkvolum-eksternalitet	Intern	Sum ekstern	Sum marginal kostnad	Total-kostnad	Sum marginal kostnad	Sum ekstern	Trafikkvolum-eksternalitet	Vektet risikoelastisitet alt.foruts. (E)	
	kun ulykker m/motpart	kun ulykker m/motpart	kun ulykker u/motpart (n)	risiko-elastisitet (E)	$r(a+\hat{c}) + r_0(a+\hat{c})$	$(1-\theta)r(a+\hat{c})$	$\theta r_0 + r_{0c}$	$E r(a+\hat{c}) + E_0 r_0(a+\hat{c})$	$\theta n r + r_{0d}$	$(1-\theta+E)n r + (1+E)r_0 + (1+E_0)r_{0c}$	$(1+E)r(a+\hat{c}) + (1+E_0)r_0(a+\hat{c})$	$r(a+\hat{c}) \times \text{km}$	$(1+E)r(a+\hat{c}) + (1+E_0)r_0(a+\hat{c})$	$(1-\theta+E)n r + (1+E)r_0 + (1+E_0)r_{0c}$	$E r(a+\hat{c}) + E_0 r_0(a+\hat{c})$	kun ulykker m/mot-part	kun ulykker u/mot-part
Fotgjenger	0,9556	0,0157	0,0032	0,0000	0,2039	0,0075	0,0666	0,0000	0,1298	0,0741	0,2039	519 877 689	0,1776	0,0478	-0,0263	-0,1551	0,0000
Sykkel	0,8592	0,0219	0,0068	0,0000	0,3111	0,0334	0,0941	0,0000	0,1835	0,1276	0,3111	401 080 198	0,2731	0,0897	-0,0379	-0,1596	0,0000
Moped	0,8186	0,0158	0,0121	0,0000	0,3022	0,0311	0,0919	0,0000	0,1792	0,1230	0,3022	175 886 086	0,2749	0,0957	-0,0273	-0,1595	0,0000
Lett MC	0,8684	0,0853	0,0817	0,0000	1,8077	0,1215	0,5717	0,0000	1,1144	0,6932	1,8077	144 972 277	1,6599	0,5455	-0,1477	-0,1600	0,0000
Tung MC	0,9130	0,0246	0,0377	0,0000	0,6747	0,0232	0,2209	0,0000	0,4306	0,2441	0,6747	593 842 224	0,6323	0,2017	-0,0424	-0,1590	0,0000
Bil < 1200 kg	0,4884	0,0079	0,0054	0,0000	0,1440	0,0436	0,0340	0,0000	0,0663	0,0777	0,1440	833 588 345	0,1304	0,0640	-0,0136	-0,1599	0,0000
Bil 12-1400 kg	0,3995	0,0052	0,0033	0,0000	0,0924	0,0341	0,0197	0,0000	0,0385	0,0539	0,0924	881 128 429	0,0833	0,0448	-0,0091	-0,1597	0,0000
Bil 14-1600 kg	0,3245	0,0039	0,0019	0,0000	0,0627	0,0285	0,0116	0,0000	0,0226	0,0401	0,0627	800 025 909	0,0560	0,0334	-0,0067	-0,1598	0,0000
Bil > 1600 kg	0,2753	0,0041	0,0018	0,0000	0,0634	0,0321	0,0106	0,0000	0,0207	0,0427	0,0634	572 939 380	0,0563	0,0356	-0,0071	-0,1597	0,0000
Buss	0,1595	0,0133	0,0033	0,0000	0,1797	0,1213	0,0198	0,0000	0,0386	0,1411	0,1797	96 366 082	0,1567	0,1180	-0,0231	-0,1600	0,0000
Kombibil	0,3882	0,0032	0,0012	0,0000	0,0480	0,0214	0,0090	0,0000	0,0176	0,0304	0,0480	10 330 964	0,0424	0,0248	-0,0056	-0,1600	0,0000
Varebil	0,2512	0,0021	0,0007	0,0000	0,0312	0,0173	0,0047	0,0000	0,0092	0,0220	0,0312	225 436 197	0,0275	0,0183	-0,0037	-0,1600	0,0000
Lastebil	0,1416	0,0142	0,0028	0,0000	0,1834	0,1319	0,0175	0,0000	0,0341	0,1494	0,1834	177 764 075	0,1589	0,1248	-0,0246	-0,1600	0,0000
Tankbil	0,0769	0,0226	0,0052	0,0000	0,3020	0,2264	0,0257	0,0000	0,0500	0,2520	0,3020	15 361 964	0,2628	0,2128	-0,0392	-0,1600	0,0000
Semitrailer	0,1204	0,0086	0,0039	0,0000	0,1354	0,0820	0,0181	0,0000	0,0353	0,1001	0,1354	90 345 946	0,1205	0,0852	-0,0149	-0,1600	0,0000
Vognvogt	0,1054	0,0091	0,0018	0,0000	0,1184	0,0886	0,0101	0,0000	0,0197	0,0987	0,1184	66 291 114	0,1025	0,0829	-0,0158	-0,1600	0,0000
Trikk	0,0344	0,1698	0,2685	0,0000	4,7470	1,7759	1,0074	0,0000	1,9637	2,7833	4,7470	32 743 466	4,7470	2,7833	0,0000	0,0000	0,0000
T-bane	0,0000	0,0136	0,0632	0,0000	0,8316	0,1468	0,2322	0,0000	0,4526	0,3790	0,8316	7 426 220	0,8316	0,3790	0,0000	0,0000	0,0000
Persontog	0,0000	0,0082	0,0131	0,0000	0,2306	0,0887	0,0481	0,0000	0,0938	0,1368	0,2306	9 967 197	0,2306	0,1368	0,0000	0,0000	0,0000
Godstog	0,0000	0,0260	0,0156	0,0000	0,4510	0,2819	0,0573	0,0000	0,1118	0,3392	0,4510	5 214 625	0,4510	0,3392	0,0000	0,0000	0,0000
Pass. skip	0,5000	0,0000	0,5530	0,0000	5,9887	0,0000	2,0306	0,0000	3,9581	2,0306	5,9887	122 568 131	5,9887	2,0306	0,0000	0,0000	0,0000
Lasteskip	0,5000	0,0000	0,0708	0,0000	0,7667	0,0000	0,2600	0,0000	0,5067	0,2600	0,7667	36 375 316	0,7667	0,2600	0,0000	0,0000	0,0000
Fiskefartøy	0,5000	0,0000	0,0788	0,0000	0,8531	0,0000	0,2893	0,0000	0,5639	0,2893	0,8531	13 007 050	0,8531	0,2893	0,0000	0,0000	0,0000
Fritidsfartøy	0,5000	0,0000	0,0014	0,0000	0,0151	0,0000	0,0051	0,0000	0,0100	0,0051	0,0151	10 898 043	0,0151	0,0051	0,0000	0,0000	0,0000
Annet (vegtr.)	0,3144	0,0219	0,0144	0,0000	0,3932	0,1628	0,0781	0,0000	0,1523	0,2410	0,3932	218 076 409	0,3552	0,2030	-0,0380	-0,1600	0,0000
Vegtransp.	0,3866	0,0066	0,0035	0,0000	0,1093	0,0351	0,0252	0,0000	0,0490	0,0603	0,1093	622 501 694	0,0980	0,0490	-0,0113	-0,1596	0,0000
Banetransp.	0,0034	0,0276	0,0448	0,0000	0,7841	0,2926	0,1666	0,0000	0,3248	0,4593	0,7841	11 095 250	0,7841	0,4593	0,0000	0,0000	0,0000
Sjøtransp.	0,5000	0,0000	0,0210	0,0000	0,2276	0,0000	0,0772	0,0000	0,1504	0,0772	0,2276	15 287 099	0,2276	0,0772	0,0000	0,0000	0,0000
Alle	0,3878	0,0065	0,0038	0,0000	0,1119	0,0349	0,0261	0,0000	0,0509	0,0610	0,1119	612 896 656	0,1008	0,0499	-0,0111	-0,1570	0,0000

Tabell 7.44: Sammenstilling av estimater basert på formler for kostnadskomponenter, for ulike transportmiddel og samlet, lettere skader – 2019.

X	Vektet theta (θ)	Risiko – kollisjons-involvering (r)	Ex-ante-verdi (a) 640 204	Ex-post-kostnad (c) 79 108	Gjennomsnittskostnad	Fysisk eksternalitet	System-eksternalitet	Trafikkvolum-eksternalitet	Intern	Sum eksternt	Sum marginal kostnad	Total-kostnad	Sum marginal kostnad	Sum eksternt	Trafikkvolum-eksternalitet	Vektet risikoelastisitet - alt.foruts. (E)	
	kun ulykker m/motpart	kun ulykker m/motpart	kun ulykker u/motpart (n)	risiko-elastisitet (E)	$r(a+\hat{c}) + n_c(a+\hat{c})$	$(1-\theta)r(a+\hat{c})$	$\theta r_c + r_{0c}$	$E r(a+\hat{c}) + E_{0c} r_0(a+\hat{c})$	$\theta n_c + r_{0c}$	$(1-\theta+E)n_c + (1+E)r_c + (1+E_0)r_{0c}$	$(1+E)r(a+\hat{c}) + (1+E_0)r_0(a+\hat{c})$	$r(a+\hat{c}) \times km$	$(1+E)r(a+\hat{c}) + (1+E_0)r_0(a+\hat{c})$	$(1-\theta+E)n_c + (1+E_0)r_{0c} + (1+E_0)n_c$	$E r(a+\hat{c}) + E_{0c} r_0(a+\hat{c})$	kun ulykker m/mot-part	kun ulykker u/mot-part
Fotgjenger	0,8850	0,0959	0,0099	0,0000	0,0761	0,0079	0,0075	0,0000	0,0607	0,0154	0,0761	194 122 901	0,0734	0,0127	-0,0027	-0,0397	0,0000
Sykel	0,8604	0,1864	0,0212	0,0000	0,1493	0,0187	0,0144	0,0000	0,1162	0,0331	0,1493	192 524 343	0,1440	0,0277	-0,0054	-0,0399	0,0000
Moped	0,8197	0,1911	0,1202	0,0000	0,2239	0,0248	0,0219	0,0000	0,1772	0,0467	0,2239	130 289 251	0,2184	0,0412	-0,0055	-0,0400	0,0000
Lett MC	0,8291	0,5043	0,4227	0,0000	0,6668	0,0620	0,0665	0,0000	0,5383	0,1285	0,6668	53 473 652	0,6523	0,1140	-0,0145	-0,0400	0,0000
Tung MC	0,7813	0,1193	0,1265	0,0000	0,1768	0,0188	0,0174	0,0000	0,1407	0,0362	0,1768	155 629 671	0,1734	0,0327	-0,0034	-0,0400	0,0000
Bil < 1200 kg	0,5016	0,1149	0,0592	0,0000	0,1253	0,0412	0,0092	0,0000	0,0748	0,0504	0,1253	725 086 364	0,1220	0,0471	-0,0033	-0,0399	0,0000
Bil 12-1400 kg	0,4583	0,0746	0,0357	0,0000	0,0793	0,0291	0,0055	0,0000	0,0447	0,0346	0,0793	756 965 976	0,0772	0,0325	-0,0021	-0,0399	0,0000
Bil 14-1600 kg	0,4290	0,0557	0,0198	0,0000	0,0543	0,0229	0,0035	0,0000	0,0280	0,0263	0,0543	693 023 338	0,0527	0,0247	-0,0016	-0,0399	0,0000
Bil > 1600 kg	0,3792	0,0535	0,0189	0,0000	0,0521	0,0239	0,0031	0,0000	0,0251	0,0270	0,0521	470 797 596	0,0505	0,0255	-0,0015	-0,0399	0,0000
Buss	0,3184	0,1208	0,0513	0,0000	0,1238	0,0592	0,0071	0,0000	0,0575	0,0663	0,1238	66 387 851	0,1204	0,0629	-0,0034	-0,0396	0,0000
Kombibil	0,4088	0,0349	0,0141	0,0000	0,0353	0,0149	0,0022	0,0000	0,0182	0,0171	0,0353	7 604 600	0,0343	0,0161	-0,0010	-0,0400	0,0000
Varebil	0,3524	0,0243	0,0087	0,0000	0,0238	0,0113	0,0014	0,0000	0,0111	0,0127	0,0238	171 753 224	0,0231	0,0120	-0,0007	-0,0399	0,0000
Lastebil	0,1558	0,1222	0,0302	0,0000	0,1096	0,0742	0,0039	0,0000	0,0315	0,0781	0,1096	106 241 250	0,1061	0,0746	-0,0035	-0,0399	0,0000
Tankbil	0,1628	0,0829	0,0662	0,0000	0,1072	0,0499	0,0063	0,0000	0,0510	0,0562	0,1072	5 454 220	0,1049	0,0539	-0,0024	-0,0397	0,0000
Semitrailer	0,1479	0,0564	0,0340	0,0000	0,0651	0,0346	0,0034	0,0000	0,0271	0,0379	0,0651	43 407 424	0,0634	0,0363	-0,0016	-0,0400	0,0000
Vogntog	0,1338	0,0524	0,0168	0,0000	0,0497	0,0326	0,0019	0,0000	0,0152	0,0345	0,0497	27 845 263	0,0482	0,0330	-0,0015	-0,0400	0,0000
Trikk	0,0867	1,3130	0,2685	0,0000	1,1376	0,8626	0,0302	0,0000	0,2448	0,8929	1,1376	7 846 967	1,1376	0,8929	0,0000	0,0000	0,0000
T-bane	0,0000	0,0136	0,0632	0,0000	0,0552	0,0097	0,0050	0,0000	0,0405	0,0147	0,0552	493 221	0,0552	0,0147	0,0000	0,0000	0,0000
Persontog	0,2524	0,0130	0,0131	0,0000	0,0188	0,0070	0,0013	0,0000	0,0105	0,0083	0,0188	810 864	0,0188	0,0083	0,0000	0,0000	0,0000
Godstog	0,2653	0,0491	0,0156	0,0000	0,0465	0,0259	0,0023	0,0000	0,0183	0,0282	0,0465	537 847	0,0465	0,0282	0,0000	0,0000	0,0000
Pass. skip	0,5000	0,0000	0,5530	0,0000	0,3977	0,0000	0,0437	0,0000	0,3540	0,0437	0,3977	8 140 504	0,3977	0,0437	0,0000	0,0000	0,0000
Lasteskip	0,5000	0,0000	0,0708	0,0000	0,0509	0,0000	0,0056	0,0000	0,0453	0,0056	0,0509	2 415 909	0,0509	0,0056	0,0000	0,0000	0,0000
Fiskefartøy	0,5000	0,0000	0,0788	0,0000	0,0567	0,0000	0,0062	0,0000	0,0504	0,0062	0,0567	863 878	0,0567	0,0062	0,0000	0,0000	0,0000
Fritidsfartøy	0,5000	0,0000	0,0014	0,0000	0,0010	0,0000	0,0001	0,0000	0,0009	0,0001	0,0010	723 806	0,0010	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
Annet (vegtr.)	0,3875	0,1855	0,0773	0,0000	0,1891	0,0817	0,0118	0,0000	0,0955	0,0935	0,1891	104 853 763	0,1837	0,0882	-0,0053	-0,0399	0,0000
Vegtransp.	0,4528	0,0723	0,0296	0,0000	0,0733	0,0259	0,0052	0,0000	0,0421	0,0311	0,0733	505 959 167	0,0712	0,0291	-0,0021	-0,0399	0,0000
Banetransp.	0,2065	0,1460	0,0448	0,0000	0,1372	0,0940	0,0048	0,0000	0,0385	0,0988	0,1372	1 413 593	0,1372	0,0988	0,0000	0,0000	0,0000
Sjøtransp.	0,5000	0,0000	0,0210	0,0000	0,0151	0,0000	0,0017	0,0000	0,0135	0,0017	0,0151	1 015 310	0,0151	0,0017	0,0000	0,0000	0,0000
Alle	0,4531	0,0713	0,0295	0,0000	0,0725	0,0256	0,0052	0,0000	0,0417	0,0308	0,0725	497 810 619	0,0705	0,0288	-0,0020	-0,0393	0,0000

Tabell 7.45: Sammenstilling av estimater basert på formler for kostnadskomponenter, for ulike transportmiddel og samlet, sum for dødsfall og skader - 2019.

X	Gjennomsnittskostnad	Fysisk eksternalitet	Systemeksternalitet	Trafikkvolumeksternalitet	Intern	Sum ekstern	Sum marginal kostnad	Totalkostnad	Sum marginal kostnad	Sum ekstern	Trafikkvolumeksternalitet
Fotgjenger	0,4409	0,0202	0,0948	0,0000	0,3258	0,1151	0,4409	1 124 074 093	0,3855	0,0597	-0,0554
Sykkel	0,6371	0,0699	0,1296	0,0000	0,4375	0,1996	0,6371	821 506 912	0,5733	0,1358	-0,0638
Moped	0,6302	0,0625	0,1268	0,0000	0,4409	0,1893	0,6302	366 744 965	0,5879	0,1470	-0,0422
Lett MC	3,5331	0,2157	0,7748	0,0000	2,5426	0,9905	3,5331	283 351 853	3,2985	0,7559	-0,2346
Tung MC	1,4665	0,0581	0,3180	0,0000	1,0905	0,3761	1,4665	1 290 758 461	1,3742	0,2837	-0,0923
Bil < 1200 kg	0,3905	0,1116	0,0558	0,0000	0,2230	0,1675	0,3905	2 260 285 558	0,3598	0,1368	-0,0306
Bil 12-1400 kg	0,2603	0,0843	0,0343	0,0000	0,1418	0,1186	0,2603	2 483 964 823	0,2394	0,0976	-0,0210
Bil 14-1600 kg	0,1702	0,0712	0,0195	0,0000	0,0795	0,0907	0,1702	2 170 684 773	0,1554	0,0759	-0,0148
Bil > 1600 kg	0,1701	0,0786	0,0180	0,0000	0,0736	0,0966	0,1701	1 538 140 638	0,1547	0,0811	-0,0154
Buss	0,5276	0,3178	0,0385	0,0000	0,1713	0,3563	0,5276	282 862 087	0,4714	0,3000	-0,0563
Kombibil	0,1229	0,0607	0,0133	0,0000	0,0490	0,0739	0,1229	26 473 089	0,1102	0,0613	-0,0127
Varebil	0,0811	0,0406	0,0080	0,0000	0,0325	0,0486	0,0811	585 735 074	0,0727	0,0402	-0,0083
Lastebil	0,6939	0,5151	0,0336	0,0000	0,1452	0,5487	0,6939	672 377 092	0,6037	0,4585	-0,0902
Tankbil	1,0087	0,8215	0,0392	0,0000	0,1480	0,8607	1,0087	51 305 686	0,8635	0,7155	-0,1452
Semitrailer	0,5048	0,3320	0,0333	0,0000	0,1395	0,3653	0,5048	336 830 355	0,4450	0,3054	-0,0599
Vogntog	0,4780	0,3804	0,0187	0,0000	0,0789	0,3991	0,4780	267 627 029	0,4092	0,3304	-0,0687
Trikk	8,3466	5,1005	1,0376	0,0000	2,2084	6,1382	8,3466	57 572 770	8,3466	6,1382	0,0000
T-bane	1,8394	0,7281	0,2879	0,0000	0,8235	1,0160	1,8394	16 426 160	1,8394	1,0160	0,0000
Persontog	1,1475	0,9938	0,0494	0,0000	0,1043	1,0432	1,1475	49 597 233	1,1475	1,0432	0,0000
Godstog	1,4856	1,2959	0,0596	0,0000	0,1301	1,3555	1,4856	17 176 488	1,4856	1,3555	0,0000
Pass. skip	7,0284	0,0000	2,1597	0,0000	4,8687	2,1597	7,0284	143 847 127	7,0284	2,1597	0,0000
Lasteskip	1,0473	0,0000	0,2961	0,0000	0,7512	0,2961	1,0473	49 688 970	1,0473	0,2961	0,0000
Fiskefartøy	4,7437	0,0000	0,8055	0,0000	3,9382	0,8055	4,7437	72 323 001	4,7437	0,8055	0,0000
Fritidsfartøy	0,2224	0,0000	0,0327	0,0000	0,1897	0,0327	0,2224	160 177 699	0,2224	0,0327	0,0000
Annet (vegtr.)	1,0472	0,4386	0,1260	0,0000	0,4826	0,5645	1,0472	580 701 818	0,9492	0,4666	-0,0980
Vegtransp.	0,2842	0,0940	0,0395	0,0000	0,1507	0,1335	0,2842	1 678 051 155	0,2584	0,1077	-0,0258
Banetransp.	1,9944	1,4115	0,1778	0,0000	0,4051	1,5893	1,9944	40 881 509	1,9944	1,5893	0,0000
Sjøtransp.	0,5303	0,0000	0,1171	0,0000	0,4132	0,1171	0,5303	151 570 128	0,5303	0,1171	0,0000
Alle	0,2901	0,0944	0,0408	0,0000	0,1549	0,1352	0,2901	1 653 271 626	0,2647	0,1098	-0,0254

Resultatene basert på formlene med vektete risikoestimer og vektete skadefordelingsparametere gir samme resultat som den tidligere summeringen «celle for celle», for året 2019 (se tabell 98).

For estimering av samlede marginale eksterne kostnader, så vil de estimerte marginale eksterne ulykkeskostnadene for lastebil brukes for de letteste vektklassene (ca. 0,55 kr/kjøretøykm), mens semitrailer brukes for vektklasse 28-40 tonn (ca. 0,37 kr/kjøretøykm) og vogntog brukes for de tyngste vektklassene (ca. 0,40 kr/kjøretøykm). En felles (vektet) marginal ekstern ulykkeskostnad estimeres for personbil, med andeler lik ca. 21, 29, 30 og 20 %, for de fire personbilklassene, som gir ca. 0,12 kroner per kjøretøykm. En felles (vektet) marginal ekstern ulykkeskostnad for MC, med en fordeling mellom lette og tunge på ca. 8 versus 92 %, gir ca. 0,43 kroner for MC per kjøretøykm.

Referanser, Del 3 - Ulykker

- Amundsen, A.H. & Bjørnskau, T. (2017). Bruk av fritidsbåt i Norge. Ulykkesinnblanding, sikkerhetsatferd, og holdninger. TØI rapport 1547/2017, Transportøkonomisk institutt (TØI), Oslo.
- Bickel, P., Friedrich, R., Burgess, A., Fagiani, P., Hunt, A., De Jong, G., Laird, J., Lieb, C., Lindberg, G., Mackie, P., Navrud, S., Odgaard, T., Ricci, A., Shires, J. & Tavasszy, L. (2006). Proposal for harmonised guidelines. Deliverable 5, Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment (HEATCO), Project funded by the European Commission under the Transport RTD Programme of the 6th Framework Programme. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart, Stuttgart.
- Cowi (2004). Total external costs of road and rail transport in Denmark. External costs of transport, 3rd Report, July 2004, Cowi, Kongens Lyngby.
- Econ (2003). Eksterne marginale kostnader ved transport. Rapport 2003-054, Econ, Oslo.
- Elvik, R. (1994). The external costs of traffic injury: definition, estimation, and possibilities for internalization. *Accident Analysis and Prevention*, 26(6): 719-732.
- Elvik, R. (2008). Dimensions of road safety problems and their measurement. *Accident Analysis and Prevention*, 40(3): 1200-1203.
- Elvik, R. (2019). Framskrivning av antall skadde personer i ulykker der tunge kjøretøy er innblandet og av antall jernbaneulykker og drepte i jernbaneulykker. TØI arbeidsdokument 51416/2019, Transportøkonomisk institutt (TØI), Oslo.
- Elvik, R. & Høye, A. (2018). Potensialet for å redusere antall drepte og hardt skadde i trafikken fram til 2030. TØI rapport 1645/2018, Transportøkonomisk institutt (TØI), Oslo.
- Farstad, E. (2018). Transportytelser i Norge 1946-2016. TØI rapport 1613/2018, Transportøkonomisk institutt (TØI), Oslo.
- Finansdepartementet (2017). Perspektivmeldingen 2017. Meld. St. 29 (2016-2017), Finansdepartementet, Oslo.
- Flügel, S., Veisten, K. & Navrud, S. (2017). Applying a probe question in the identification of safety-paternalistic and non-paternalistic motives in stated preference of public road safety measures. TØI Working Paper ØL/51186/2017, Institute of Transport Economics (TØI), Oslo.
- Fridstrøm, L. (1999). Econometric models of road use, accidents, and road investment decisions – Volume II. TØI rapport 457/1999, Transportøkonomisk institutt (TØI), Oslo.

- Fridstrøm, L. (2011). A framework for assessing the marginal external accident cost of road use and its implications for insurance ratemaking. Discussion Paper No. 2011-22, OECD-ITF Joint Transport Research Centre (JTRC), International Transport Forum (ITF), OECD, Paris.
- Hjorthol, R., Engebretsen, Ø. & Uteng, T.P. (2014). Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2013/14 - nøkkelrapport. TØI rapport 1383/2014, Transportøkonomisk institutt (TØI), Oslo.
- Hovi, I.B., Hansen, W., Johansen, B.G., Jordbakke, G.N. & Madslie, A. (2017). Framskrivinger for godstransport i Norge 2016-2050. TØI rapport 1555/2017, Transportøkonomisk institutt (TØI), Oslo.
- Hultkrantz, L. & Lindberg, G. (2011). Accident cost, speed and vehicle mass externalities, and insurance. Discussion Paper No. 2011-26, OECD-ITF Joint Transport Research Centre (JTRC), International Transport Forum (ITF), OECD, Paris.
- Høy, A. (2014). Utvikling av ulykkesmodeller for ulykker på riks- og fylkesvegnettet i Norge. TØI rapport 1323/2014, Transportøkonomisk institutt (TØI), Oslo.
- Høy, A. (2016). Utvikling av ulykkesmodeller for ulykker på riks- og fylkesvegnettet i Norge (2010-2015). TØI rapport 1522/2016, Transportøkonomisk institutt (TØI), Oslo.
- Høy, A. (2017). Bilalder og risiko. TØI rapport 1607/2017, Transportøkonomisk institutt (TØI), Oslo.
- Janstrup, K.H., Kaplan, S., Hels, T., Lauritsen, J. & Prato, C.G. (2016). Understanding traffic crash under-reporting: Linking police and medical records to individual and crash characteristics. *Traffic Injury Prevention*, 17(6): 580-584.
- Jernbaneverket / Kystverket / Luftfartsverket / Statens vegvesen (2002). Transportulykker og risikoanalyser sluttrapport fra tverretattlig arbeidsgruppe. Arbeidsdokument, Mars 2002, Statens vegvesen, Oslo.
- Kasnatschew, A., Schönebeck, S., Heintz, F., Rabjerg Meltofte, K., Hiselius, L., Vilar i Ribó, P. & Veisten, K. (2018). Considering vulnerable road users in accident cost calculation. InDeV Deliverable 5.3, In-depth understanding of accident causation for vulnerable road users (InDeV), Project funded by the European Commission under the Horizon 2020 Framework Programme, Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Bergisch Gladbach.
- Kjeldsen, M.H. (2013). Dokumentation af state-of-the-art eksterne ulykkesomkostninger udregninger. Notat til Arbejdsrapport 2013:2, De Økonomiske Råd, København.
- Lie, T., Allred, K. & Lindøe, P. 2005. Systematisk HMS-arbeid i fiskeflåten. Rapport RF – 2005/052, RF – Rogalandsforskning, Stavanger.
- Lindberg, G. (1999). Calculating transport accident costs. Final report of the expert advisors to the high level group on infrastructure charging (Working Group 3), 27 April 1999, European Commission, Brussels.
- Lindberg, G. (2001). Traffic insurance and accident externality charges. *Journal of Transport Economics and Policy*, 35: 399-416.
- Lindberg, G. (2005). Measuring the marginal social cost of transport: accidents. *Research in Transportation Economics*, 14: 155-183.
- Madslie, A., Kwong, C.K. & Steinsland, C. (2017). Framskrivinger for persontransport i Norge 2016-2050. TØI rapport 1554/2017, Transportøkonomisk institutt (TØI), Oslo.
- Magnussen, K., Ibenholt, K., Skjelvik, J.M., Lindhjem, H., Pedersen, S. & Dyb, V.A. (2015). Marginale eksterne kostnader ved transport av gods på sjø og bane. Rapport 2015/54, Vista Analyse, Oslo..
- Newbery, D.M. (1988). Road user charges in Britain. *Economic Journal*, 98: 161-176.
- NOU (2012). Samfunnsøkonomiske analyser. NOU 2012-16, Norges offentlige utredninger (NOU), Finansdepartementet, Oslo.
- NOU (2013). Med los på sjøsikkerhet - Losordningens omfang, organisering og regelverk. NOU 2013-8, Norges offentlige utredninger (NOU), Fiskeri- og kystdepartementet, Oslo.
- Olofsson, S., Gralén, K., Macheridis, K., Welin, K.-O., Persson, U. & Hultkrantz, L. (2016). Personskadestudier och livskvalitetsförlust till följd av vägtrafikolyckor och fotgängarolyckor singel - fullständig rapport. IHE Rapport 2016:5, IHE - Institutet för Hälso- och Sjukvårdsekonomi, Lund.
- Sjøfartsdirektoratet (2012). Rapport om sikkerhet ved bruk av fritidsbåt. April 2012, Sjøfartsdirektoratet, Haugesund.

- Sjøfartsdirektoratet (2013). Veiledning Melding og rapportering av ulykker til Sjøfartsdirektoratet, m.fl. 4 s., Sjøfartsdirektoratet, Haugesund.
- Statens jernbanetilsyn (2015). Presisering av begrepene jernbaneulykke, alvorlig jernbanehendelse og jernbanehendelse. 3 s., Statens jernbanetilsyn, Oslo.
- Statens vegvesen (2014). Håndbok V712. Konsekvensanalyser. Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Oslo.
- Statens vegvesen (2018). Håndbok V712. Konsekvensanalyser. Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Oslo.
- Thune-Larsen, H., Veisten, K., Rødseth, K.L. & Klæboe, R. (2014). Marginale eksterne kostander ved vegtrafikk. Revidert 2016. TØI rapport 1307/2014, Transportøkonomisk institutt (TØI), Oslo.
- Trafikanalys (2014). Vägtrafikskador 2013. Statistik 2014:8, Trafikanalys, Stockholm.
- Transportetatene og Avinor (2018). Veiledende bilag til SSA-O – Oppdragsavtalen. 18 s., Statens vegvesen, Oslo.
- Veisten, K., Flügel, S. & Elvik, R. (2010). Den norske verdsettingsstudien – Ulykker. TØI rapport 1053C/2010, Transportøkonomisk institutt (TØI), Oslo.
- Vickrey, W. (1968). Automobile accidents, tort law, externalities, and insurance. *Law and Contemporary Problems*, 33: 464-487.

Vedlegg, Del 3 - Ulykker

V1.1 Estimerte skadetall basert på justering for antatt under-rapportering

I tabell 78, kapittel 7.2.6, er det oppgitt anslag på rapporteringsgraden for de tre skadegradene, dødsfall, hard skade og lettere skade, fordelt på motpartulykker og ulykker uten motpart. For dødsfall er det antatt en rapporteringsgrad på 100 %, for motpartulykker og for ulykker uten motpart. For harde skader og lettere skader er det antatt rapporteringsgrader lavere enn 100 % men med betydelig variasjon mellom transportmiddel. Videre er det antatt lavere rapporteringsgrad for lettere skade enn for hard skade, samt antatt lavere rapporteringsgrad i ulykker uten motpart enn i ulykker med motpart. Rapporteringsgraden er antatt å være noe høyere for offentlig persontransport og godstransport enn for privattransport. I noen grad bygger våre estimater for vegtransport på svenske og danske studier (Trafikanalys 2014, Janstrup et al. 2016), men for flere transportmidler mangler vi informasjon. Likevel finner vi det sannsynlig at estimatene i de følgende tabellene, for harde skader og for lettere skader (med oppjustering av skadetallene i tabellene 76 og 77 basert på tabell 78), kommer nærmere det som er skadetallene i virkeligheten.

Tabell V1.1: Justert estimat på harde skader i transportulykker i perioden fra og med 2006 til og med 2017 - årlig gjennomsnitt: hardt skadde i transportmiddel X i kollisjoner med transportmiddel Y.

X	Y																								Total			
	Fotgjenger	Sykkel	Moped	Lett MC	Tung MC	Bil < 1200 kg	Bil 12-1400 kg	Bil 14-1600 kg	Bil > 1600 kg	Buss	Kombibil	Varebil	Lastebil	Tankbil	Semitrailer	Vognvogt	Trikk	T-bane	Personvogt	Godstog	Passasjerskip	Lasteskip	Fiskefartøy	Fritidsfartøy		Annet (vegtransp.)	Ingen motpart	
Fotgjenger	4,3	3,0	1,2	0,5	1,0	26,5	24,2	18,9	12,8	7,7	1,3	6,2	4,0	0,3	1,0	0,5	1,9	0,3	0,8	0,8	-	-	-	-	4,6	20,3	142,3	
Sykkel	1,0	14,3	1,0	0,2	1,0	18,1	16,3	10,4	10,2	1,4	0,3	4,6	4,4	0,3	0,5	0,3	0,2	-	-	-	-	-	-	-	3,1	20,3	108,2	
Moped	0,3	-	3,0	0,4	0,1	6,7	5,2	4,3	3,8	0,4	-	1,2	1,0	0,1	0,1	0,2	-	-	0,1	0,1	-	-	-	-	1,2	14,2	42,3	
Lett MC	0,3	0,1	0,5	0,8	0,5	3,5	3,4	2,8	2,9	0,6	0,2	1,5	0,2	-	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	11,0	28,7	
Tung MC	0,3	0,6	0,6	0,3	3,0	13,4	12,0	8,4	7,5	1,1	0,3	4,6	2,0	0,1	0,8	0,9	0,2	-	0,1	0,1	-	-	-	-	4,5	56,7	117,2	
Bil < 1200 kg	0,5	0,5	0,3	0,2	0,4	15,2	21,1	17,5	11,4	2,3	1,0	6,5	6,3	0,6	4,2	2,9	0,0	-	0,0	0,0	-	-	-	-	4,5	69,6	165,1	
Bil 12-1400 kg	0,5	0,4	0,2	0,1	0,3	12,1	13,7	13,2	9,7	2,8	0,6	4,8	6,4	0,2	2,3	2,6	0,3	-	0,0	0,0	-	-	-	-	3,1	58,6	132,1	
Bil 14-1600 kg	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	5,3	9,3	9,4	6,0	1,1	0,2	3,5	3,1	0,8	2,0	1,8	0,1	-	0,0	0,0	-	-	-	-	1,8	34,1	79,2	
Bil > 1600 kg	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	3,5	4,6	4,9	2,8	1,0	0,1	1,3	2,2	0,1	0,7	1,3	0,1	-	0,0	0,0	-	-	-	-	1,9	21,3	46,8	
Buss	-	-	-	-	-	0,3	0,7	0,4	0,2	1,1	-	0,1	0,4	0,3	0,1	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	2,8	6,7	
Kombibil	-	-	-	-	-	0,3	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	1,2	3,6	
Varebil	0,1	0,2	-	0,1	0,1	1,4	1,7	1,5	0,6	0,3	0,1	1,5	2,2	-	0,9	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9	8,1	19,7	
Lastebil	-	-	-	-	0,1	0,8	0,7	0,6	0,5	0,3	-	0,2	1,4	0,1	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	3,7	9,5	
Tankbil	-	-	-	-	-	0,1	-	0,1	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	0,6	0,6
Semitrailer	-	-	-	-	-	0,2	0,1	0,1	0,1	-	-	0,1	0,2	-	0,5	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	3,6	5,7	
Vognvogt	-	-	-	-	-	0,3	0,2	0,1	0,0	0,1	-	-	0,4	-	0,2	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	1,4	2,8	
Trikk	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,1	2,2	
T-bane	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	0,6	
Personvogt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	0,7	
Godstog	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	0,3	
Passasjerskip	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,1	10,1	
Lasteskip	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,6	3,6	
Fiskefartøy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	1,2	
Fritidsfartøy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,7	1,7	
Annet (vegtransp.)	-	-	0,2	0,2	0,2	1,4	2,0	1,9	1,4	0,6	0,1	1,2	0,4	-	0,7	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	3,4	14,5	28,5	
Total	7,7	19,4	7,4	3,0	7,1	109,0	115,4	94,7	70,1	20,9	4,3	37,6	35,0	3,1	14,5	12,9	2,9	0,3	1,0	1,0	-	-	-	-	30,4	362,1	959,7	

Tabell V1.2: Justert estimat på lettere skader i transportulykker i perioden fra og med 2006 til og med 2017 - årlige gjennomsnitt: lettere skadde i transportmiddel X i kollisjoner med transportmiddel Y.

X	Y																											
	Fotgjenger	Sykkel	Moped	Lett MC	Tung MC	Bil < 1200 kg	Bil 12-1400 kg	Bil 14-1600 kg	Bil > 1600 kg	Buss	Kombi-bil	Varebil	Lastebil	Tankbil	Semitrailer	Vogntog	Trikk	T-bane	Person-tog	Godstog	Passasjerskip	Lasteskip	Fiskefartøy	Fritidsfartøy	Annet (veg-transp.)	Ingen mot-part	Total	
Fotgjenger	45,0	20,4	10,5	3,1	5,5	183,6	165,2	123,1	88,4	30,2	4,6	36,4	11,6	0,1	1,3	2,8	6,6	0,4	0,2	0,2	-	-	-	-	24,4	121,0	884,4	
Sykkel	12,4	71,1	13,7	1,6	9,2	196,8	179,1	126,7	89,1	14,3	5,0	39,1	12,8	0,1	1,8	2,7	1,5	-	-	-	-	-	-	-	20,9	121,0	918,7	
Moped	6,1	7,6	41,0	2,2	3,3	88,7	80,5	61,8	35,6	4,4	1,6	18,4	5,6	0,2	1,5	1,3	0,2	-	-	-	-	-	-	-	10,0	187,7	557,6	
Lett MC	1,9	1,0	3,0	10,5	1,5	27,1	21,3	21,0	12,0	0,9	0,8	4,0	2,6	-	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0	75,5	187,4	
Tung MC	3,4	5,2	2,5	0,9	23,6	63,3	61,9	47,7	30,6	3,7	2,3	11,7	7,3	0,8	0,9	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	11,9	253,2	531,6	
Bil < 1200 kg	13,5	12,4	8,4	3,0	11,7	345,4	403,5	289,5	185,8	32,3	12,1	85,5	81,0	2,5	23,8	20,8	3,7	-	0,4	0,4	-	-	-	-	45,6	965,2	2546,4	
Bil 12-1400 kg	12,0	8,6	6,3	2,0	11,5	335,1	237,1	243,3	163,7	25,0	7,3	74,9	64,3	2,4	24,3	17,7	3,3	-	0,2	0,2	-	-	-	-	42,7	808,6	2090,4	
Bil 14-1600 kg	7,9	5,9	4,8	1,2	7,3	217,4	211,2	123,0	122,5	16,1	4,2	49,7	46,7	1,6	16,4	12,3	2,1	-	0,1	0,1	-	-	-	-	27,8	452,5	1330,8	
Bil > 1600 kg	5,8	3,3	2,8	0,8	3,7	109,0	118,5	94,0	50,9	11,0	3,7	27,9	26,0	0,5	10,2	5,4	1,8	-	0,2	0,2	-	-	-	-	15,8	289,0	780,5	
Buss	1,4	0,6	0,1	0,1	0,4	9,9	8,1	7,9	4,9	16,3	0,3	2,8	7,8	1,4	1,4	2,7	1,9	-	-	-	-	-	-	-	2,4	46,7	117,0	
Kombibil	0,5	0,2	0,1	-	0,8	5,8	4,6	4,0	2,9	1,0	1,2	2,9	1,7	0,1	1,0	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9	15,2	43,1	
Varebil	1,7	2,2	1,2	0,3	1,2	35,5	37,5	27,1	19,3	4,2	2,4	21,9	14,8	0,3	4,4	3,4	0,7	-	-	-	-	-	-	-	8,1	100,5	286,8	
Lastebil	0,7	0,4	0,4	0,1	0,6	9,3	9,7	6,2	4,4	1,3	0,5	3,6	9,2	0,1	2,7	1,8	0,1	-	-	-	-	-	-	-	2,3	43,4	96,8	
Tankbil	-	-	-	-	-	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	-	0,1	-	0,2	0,2	0,1	-	-	0,0	0,0	-	-	-	-	0,1	5,0	6,9	
Semitrailer	-	0,3	0,1	-	-	2,4	2,8	2,3	1,1	0,2	0,1	1,1	1,5	0,1	3,0	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8	33,8	50,0	
Vogntog	0,1	-	-	-	0,1	2,0	1,6	1,5	0,7	0,3	0,2	0,7	1,3	-	0,5	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8	14,0	24,8	
Trikk	-	-	-	-	-	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2	-	-	0,4	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,4	4,3
T-bane	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	0,7
Persontog	-	-	-	-	-	0,1	0,0	0,0	0,0	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,8	1,2	
Godstog	-	-	-	-	-	0,1	0,0	0,0	0,0	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-	0,0	0,3	1,0
Passasjerskip	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,4	11,4
Lasteskip	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,1	4,1
Fiskefartøy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4	1,4
Fritidsfartøy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,3	2,3
Annet (veg-transp.)	1,2	1,9	0,8	0,6	1,4	26,6	28,1	26,0	15,0	2,7	0,8	8,6	9,4	0,1	2,8	2,3	0,4	-	0,0	0,0	-	-	-	-	17,6	98,8	245,2	
Total	113,6	141,0	95,5	26,3	81,8	1658,6	1571,2	1205,9	827,4	164,4	46,9	389,3	304,3	10,5	96,2	76,1	22,4	0,4	1,3	1,5	-	-	-	-	236,1	3654,3	10724,9	

Av de estimerte 960 hardt skadde i transport på veg, bane og sjø i Norge per år (i perioden 2006-2017), er det estimert at 939 ble hardt skadd i vegtransport, 4 i banetransport, og 17 i sjøtransport. Av de estimerte 10725 lettere skadde per år, er det estimert at 10699 ble lettere skadd i vegtransport, 7 i banetransport, og 19 i sjøtransport.

V1.2 Estimert egenrisiko og fremmedrisiko

V.1.2.1 Beregning av egenrisiko og fremmedrisiko

Egenrisikoen mht trafikk- eller transportarbeidet er beregnet fra skadetallene i tabellene 75-77 (eller 75 og V1.1-V1.2) i kombinasjon med trafikkarbeidet/transportarbeidet fra tabellene 61-63. Fremmedrisikoen er beregnet fra tabellene 75-77 (eller 75 og V1.1-V1.2) i kombinasjon med kun tabell 61 (trafikkarbeidet). For egenrisikoberegningen er det X sin skade og X sitt trafikk-/transportarbeid som legges til grunn, med summering av tabellradene og vekting med 0,5 der X og Y er samme type transportmiddel. For fremmedrisikoberegningen er det alle Y sine skader (i kollisjon med X) og X sitt trafikkarbeid som legges til grunn, med summering av tabellkolonner og vekting med 0,5 der X og Y er samme type transportmiddel.

V.1.2.1 Estimerte egenrisiko og fremmedrisiko basert på sammenstilte offisielle skadedata

Følgende tabell viser estimert egenrisiko for transportmiddel X mht trafikk- og transportarbeidet, samt estimert fremmedrisiko for transportmiddel X mht. trafikkarbeidet. Skadedataene er gitt fra tabellene 75-77.

Tabell V2.1: Estimert egenrisiko og fremmedrisiko, per transportmiddel per skadegrad, sammenstilte offisielle skadedata, 2006-2017.

	Dødsfall			Hard skade				Lettere skade				
	Egenrisiko		Fremmedrisiko	Egenrisiko		Fremmedrisiko		Egenrisiko		Fremmedrisiko		
	kjøretøykm / togkm / fartøykm	personkm	tonnkm	kjøretøykm / togkm / fartøykm	kjøretøykm / togkm / fartøykm	personkm	tonnkm	kjøretøykm / togkm / fartøykm	kjøretøykm / togkm / fartøykm	personkm	tonnkm	kjøretøykm / togkm / fartøykm
Fotgjenger	0,0112	0,0112		0,0003	0,0498	0,0498		0,0021	0,2578	0,2578		0,0317
Sykel	0,0091	0,0091		0,0013	0,0671	0,0671		0,0093	0,4905	0,4905		0,0747
Moped	0,0051	0,0051		0,0005	0,0573	0,0573		0,0087	0,6218	0,6218		0,0989
Lett MC	0,0506	0,0471		0,0023	0,3465	0,3223		0,0338	1,8061	1,6801		0,2473
Tung MC	0,0302	0,0262		0,0012	0,1246	0,1080		0,0065	0,4490	0,3893		0,0749
Bil < 1200 kg	0,0051	0,0029		0,0020	0,0198	0,0113		0,0122	0,2504	0,1425		0,1643
Bil 1200-1400 kg	0,0036	0,0020		0,0015	0,0113	0,0064		0,0095	0,1493	0,0848		0,1160
Bil 1400-1600 kg	0,0017	0,0010		0,0014	0,0067	0,0038		0,0079	0,0970	0,0550		0,0912
Bil > 1600 kg	0,0017	0,0009		0,0016	0,0061	0,0034		0,0089	0,0853	0,0483		0,0953
Buss	0,0039	0,0005		0,0100	0,0113	0,0014		0,0338	0,1840	0,0228		0,2362
Kombibil	0,0008	0,0006	0,0074	0,0018	0,0056	0,0041	0,0496	0,0060	0,0613	0,0448	0,5432	0,0593
Varebil	0,0008	0,0006	0,0080	0,0009	0,0027	0,0020	0,0261	0,0048	0,0371	0,0271	0,3532	0,0452
Lastebil	0,0040	0,0036	0,0013	0,0225	0,0102	0,0093	0,0034	0,0367	0,0979	0,0893	0,0324	0,2961
Tankbil	0,0020	0,0018	0,0004	0,0398	0,0129	0,0117	0,0027	0,0634	0,1337	0,1219	0,0284	0,1991
Semitrailer	0,0038	0,0034	0,0003	0,0157	0,0090	0,0082	0,0007	0,0228	0,0728	0,0664	0,0053	0,1379
Vogntog	0,0023	0,0021	0,0002	0,0189	0,0056	0,0051	0,0004	0,0247	0,0442	0,0403	0,0033	0,1301
Trikk	0,0000	0,0000		0,1611	0,3867	0,0109		0,4527	0,6848	0,0194		3,3106
T-bane	0,0125	0,0002		0,0374	0,0873	0,0011		0,0374	0,0873	0,0011		0,0374
Passasjertog	0,0000	0,0000		0,0588	0,0181	0,0002		0,0226	0,0271	0,0003		0,0268
Godstog	0,0000	0,0000	0,0000	0,0647	0,0216	0,0144	0,0001	0,0719	0,0611	0,0407	0,0003	0,0959
Passasjerskip	0,0175	0,0003		0,0000	0,6370	0,0104		0,0000	0,6370	0,0104		0,0000
Lasteskip	0,0063	0,0013	0,0000	0,0000	0,0815	0,0163	0,0001	0,0000	0,0815	0,0163	0,0001	0,0000
Fiskefartøy	0,1047	0,0209		0,0000	0,0907	0,0181		0,0000	0,0907	0,0181		0,0000
Fritidsfartøy	0,0056	0,0019		0,0000	0,0016	0,0005		0,0000	0,0016	0,0005		0,0000
<i>Annen vegtransport</i>	0,0134	0,0121		0,0141	0,0425	0,0386		0,0454	0,3171	0,2883		0,3261
Total veg	0,0038	0,0028	0,0064	0,0024	0,0155	0,0117	0,0226	0,0099	0,1519	0,1043	0,2956	0,1066
Total bane	0,0014	0,0000	0,0000	0,0663	0,0580	0,0040	0,0001	0,0706	0,0967	0,0098	0,0003	0,3228
Total sjø	0,0074	0,0021	0,0000	0,0000	0,0184	0,0018	0,0001	0,0000	0,0184	0,0018	0,0001	0,0000
Total	0,0039	0,0027	0,0064	0,0024	0,0156	0,0116	0,0225	0,0098	0,1496	0,1025	0,2939	0,1051

V.1.2.2 Estimert egenrisiko og fremmedrisiko basert på skadetall justert mht rapporteringsgrad

Følgende tabell er basert på skadedataene i V1.1-V1.2, samt dødsfallene fra tabell 75. Som tabellen ovenfor viser den estimert egenrisiko for transportmiddel *X* mht trafikk- og transportarbeidet, samt estimert fremmedrisiko for transportmiddel *X* mht trafikkarbeidet.

Tabell V2.2: Estimert egenrisiko og fremmedrisiko, per transportmiddel per skadegrad - skadedata justert for underrapportering, 2006-2017.

	Dødsfall			Hard skade				Lettere skade				
	Egenrisiko		Fremmedrisiko	Egenrisiko		Fremmedrisiko	Egenrisiko		Fremmedrisiko			
	kjøretøykm / togkm / fartøykm	personkm	tonnkm	kjøretøykm / togkm / fartøykm	kjøretøykm / togkm / fartøykm	personkm	tonnkm	kjøretøykm / togkm / fartøykm	kjøretøykm / togkm / fartøykm	personkm	tonnkm	kjøretøykm / togkm / fartøykm
Fotgjenger	0,0112	0,0112		0,0003	0,0658	0,0658		0,0026	0,4048	0,4048		0,0428
Sykkel	0,0091	0,0091		0,0013	0,1017	0,1017		0,0124	0,8885	0,8885		0,1061
Moped	0,0051	0,0051		0,0005	0,0749	0,0749		0,0108	0,9868	0,9868		0,1378
Lett MC	0,0506	0,0471		0,0023	0,4551	0,4234		0,0412	2,9267	2,7226		0,3375
Tung MC	0,0302	0,0262		0,0012	0,1659	0,1438		0,0080	0,7451	0,6461		0,1003
Bil < 1200 kg	0,0051	0,0029		0,0020	0,0231	0,0132		0,0149	0,3484	0,1982		0,2181
Bil 1200-1400 kg	0,0036	0,0020		0,0015	0,0132	0,0075		0,0114	0,2080	0,1182		0,1532
Bil 1400-1600 kg	0,0017	0,0010		0,0014	0,0078	0,0044		0,0094	0,1331	0,0754		0,1200
Bil > 1600 kg	0,0017	0,0009		0,0016	0,0071	0,0040		0,0107	0,1179	0,0668		0,1252
Buss	0,0039	0,0005		0,0100	0,0122	0,0015		0,0402	0,2146	0,0267		0,3081
Kombibil	0,0008	0,0006	0,0074	0,0018	0,0060	0,0044	0,0531	0,0071	0,0709	0,0518	0,6286	0,0773
Varebil	0,0008	0,0006	0,0080	0,0009	0,0030	0,0022	0,0281	0,0057	0,0430	0,0314	0,4090	0,0589
Lastebil	0,0040	0,0036	0,0013	0,0225	0,0110	0,0100	0,0036	0,0427	0,1148	0,1048	0,0380	0,3733
Tankbil	0,0020	0,0018	0,0004	0,0398	0,0140	0,0128	0,0030	0,0729	0,1617	0,1475	0,0343	0,2467
Semitrailer	0,0038	0,0034	0,0003	0,0157	0,0098	0,0090	0,0007	0,0257	0,0877	0,0800	0,0064	0,1714
Vognvogt	0,0023	0,0021	0,0002	0,0189	0,0061	0,0055	0,0005	0,0278	0,0524	0,0478	0,0039	0,1629
Trikk	0,0000	0,0000		0,1611	0,4287	0,0121		0,5580	0,8124	0,0230		4,3072
T-bane	0,0125	0,0002		0,0374	0,0970	0,0013		0,0468	0,1091	0,0014		0,0534
Passasjertog	0,0000	0,0000		0,0588	0,0201	0,0002		0,0280	0,0327	0,0004		0,0339
Godstog	0,0000	0,0000	0,0000	0,0647	0,0240	0,0160	0,0001	0,0889	0,0709	0,0472	0,0003	0,1198
Passasjerskip	0,0175	0,0003		0,0000	0,7077	0,0115		0,0000	0,7962	0,0129		0,0000
Lasteskip	0,0063	0,0013	0,0000	0,0000	0,0906	0,0181	0,0001	0,0000	0,1019	0,0204	0,0001	0,0000
Fiskefartøy	0,1047	0,0209		0,0000	0,1008	0,0202		0,0000	0,1134	0,0227		0,0000
Fritidsfartøy	0,0056	0,0019		0,0000	0,0023	0,0008		0,0000	0,0032	0,0011		0,0000
<i>Annen vegtransport</i>	0,0134	0,0121		0,0141	0,0502	0,0457		0,0537	0,4427	0,4024		0,4256
Total veg	0,0038	0,0028	0,0064	0,0024	0,0194	0,0149	0,0243	0,0119	0,2187	0,1532	0,3423	0,1403
Total bane	0,0014	0,0000	0,0000	0,0663	0,0644	0,0044	0,0001	0,0872	0,1153	0,0114	0,0003	0,4190
Total sjø	0,0074	0,0021	0,0000	0,0000	0,0210	0,0021	0,0001	0,0000	0,0242	0,0026	0,0001	0,0000
Total	0,0039	0,0027	0,0064	0,0024	0,0194	0,0147	0,0242	0,0118	0,2154	0,1505	0,3403	0,1383

DEL 4

MARGINALE STØYKOSTNADER VED TRANSPORT

8 Støy

Støy knyttet til transportvirksomhet er et økende miljøproblem som følge av at den globale befolkningen øker og flere bor i byer, samtidig som den økonomiske aktiviteten øker. Det blir flere kjøretøy og folk bosetter seg nærmere lyd-kildene (Andersson & Ögren, 2007; Fidell, 2003; R. Klæboe, 2011). Befolkningsstrømmene i Europa forflytter seg vest- og nordover, slik at det også vil være en del innflytting. I dette kapitlet ser vi på endringen i skadepostene som skyldes en marginal endring i transportvolumet (f.eks. ett ekstra kjøretøy i døgnet).

Støybegrepet er opprinnelig etymologisk knyttet til kvalmende og frastøtende påvirkninger og knyttes til lyder som man misliker, irriterer seg over eller i ekstreme tilfeller hater. Det er imidlertid også virkninger av støy den enkelte ikke nødvendigvis er bevisst. Støy virker på det retikulære systemet som har med selve aktiviseringen av kroppen å gjøre, grad av våkenhet og motivasjon og hvor en langvarig uønsket aktivisering kan være negativ. Støy om natten endrer søvnkvaliteten, påvirker fysiologiske prosesser mv. uten at dette merkes bevisst (Basner & McGuire, 2018).

Støyplage knyttes til lyder som mislikes og kan gi opphav til sinne, angst og depresjoner i kraft av at støyen gir uheldige oppvekstvilkår og dårligere helse.

I en del land knyttes støyplagebegrepet klarere til effekten av at lyden forstyrrer samtaler, lytting til radio/tv, forstyrrelser av søvn, hvile, konsentrasjon og ulike aktiviteter. Figur 8.1 gir et bilde av hvordan eksperter fra ulike land vektlegger ulike aspekter ved støyplagebegrepet.

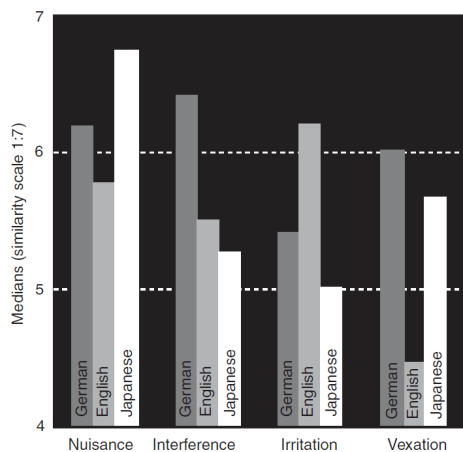


Figure 5 Median ratings by experts from three language groups of the similarity of different terms and annoyance. For all four terms, the ratings differ between language groups. With permission from Guski R, Felscher-Suhr U, and Schuemer R (1999) The concept of noise annoyance: How international experts see it. *Journal of Sound and Vibration* 223(4): 513–527.

Figur 8.1: Grad av samsvar mellom ulike ekspertvurderinger av hvor sterkt ulike aspekter samsvarer med plagebegrepet. Guski, m.fl. 1999.

Støy kan maskere andre lyder, og vanskeliggjøre oppfattelsen av advarsler. Campbell (1983) beskrev støy som en «ambient stressor»; en stressfaktor som i likhet med luftforurensning og trengsel, medfører kroniske, negativt ladete opplevelser som det ikke haster å gjøre noe med og er vanskelig håndterbare for den enkelte.

Mens det i en helsepolitisk og sosialpolitisk tilnærming er rimelig å fokusere på de som rammes sterkest og utsatte grupper, kan en ut fra en lydlandskapsmessig synsvinkel ønske

også å ta med skadevirkningene i områder som har høy kvalitet. Dersom en betrakter byområder som økonomiske enheter som ønsker å tiltrekke seg de beste virksomhetene og den mest kvalifiserte arbeidskraften, holder det ikke å unngå slumområder. Man må ha byer som er attraktive med hensyn til miljøkvalitet, oppvekstvilkår og opplevelsesfaktorer. Da vil det å ta lett på støyvirkningene på sikt kunne ha negativ betydning for den økonomiske aktiviteten og antallet sysselsatte. Skatteinntektene og det politisk og økonomiske handlingsrommet vil kunne reduseres. I den grad samfunnet blir rikere, vil også ambisjonsnivået øke.

For å også få med disse virkningen kan det være riktig å ta hensyn til et bredere sett av skadevirkninger enn det man tradisjonelt regner med når en tenker eksterne virkninger. For vegtrafikk har støyen fra interaksjonen mellom bildekkene og vegoverflaten – som i Norge i tillegg ofte er ru som følge av vintervedlikehold og piggdekkbruk –betydning. Støyen fra interaksjonen mellom bildekkene og vegbanen dominerer allerede fra lave hastigheter. For tunge kjøretøy kan stillere motorer i områder med lav hastighet har en positiv virkning. For togstøy har også støyen og vibrasjoner fra interaksjonen mellom hjul og skinnegang stor betydning. Sliping av skinnegang kan derfor gi en reduksjon av støyplagen. Klossbremser som medfører at toghjulene blir ujevne og i neste omgang medfører at skinnene ikke er like slette gir merstøy og vibrasjoner. Imidlertid er det ikke like enkelt å erstatte alle klossbremser med skivebremser, og disse kan også ha større problemer under norske vinterforhold.

For tunge kjøretøy kan det også være andre støykilder som i tillegg til motor- og dekkstøy som er aktuelle (kraftoverføring til hjulene), og for høyhastighetstog vindstøy ved høye hastigheter.

Mange som utsettes for støy utsettes for støy fra flere kilder og utsettes i byområder ofte luftforurensning i tillegg. Spesielt for godstransport medfører tunge kjøretøy, lokomotiver og vogner ofte vibrasjoner som spiller sammen med støyen og kan forsterke plagevirkningene. Norge har forholdsvis mange områder med myke grunnforhold (morener/leirgrunn) hvor vibrasjoner kan forplante seg langt.

Støybildet fra en veg eller jernbanestrekning består av en rekke begivenheter med varierende intensitet. Det er derfor gjort et omfattende arbeid med å finne fram til egnete indikatorer på støyen som samsvarer med den menneskelige lydopplevelsen.

8.1 Marginale eksterne kostnader beregnes i to trinn

Våre beregninger tar utgangspunkt i et årsdøgn og spør hvordan en marginal endring i årsdøgntrafikken (dvs. ett ekstra kjøretøy om dagen og 365 ekstra kjøretøy i året) på en gitt lenke endrer den nærliggende befolkningens kostnader ved støy. Vi viderefører metodikken fra Thune-Larsen, m.fl. (2014) som baserer seg på Andersson og Ögrens (2013) metodikk til å analysere marginale støykostnader. I det følgende gis en kort beskrivelse av denne metoden.

La $L = f(N, v, r)$ definere støyeksponeringen som en funksjon av ÅDT (N), fart (v) og distanse fra kilden (r), som i vårt tilfelle er vegen eller jernbanen. Totale støykostnader utledes ved å gange enhetsprisen per plaget, w , med antall plagede. Vi bruker internasjonale virkningskurver (Miedema, 2002; Miedema & Oudshoorn, 2001) til å beregne andelen plagede som en funksjon av støynivået.

Vi angir antallet individer som er bosatt på ulike distanser fra lenken som analyseres med en funksjon $n(r)$. Støykostnadene forbundet med trafikken på den aktuelle lenken kan da uttrykkes som (Andersson & Ogren, 2013):

$$S = \int_{r=0}^{\infty} wa(L)n(r) dr \quad (1)$$

Endringen i de eksterne kostnadene ved en marginal endring i trafikkvolum er følgelig gitt ved:

$$\frac{\partial S}{\partial N} = \int_0^{\infty} w \frac{\partial a}{\partial L} \frac{\partial L}{\partial N} n(r) dr \quad (2)$$

En ulempe med dette uttrykket er at antallet støyutsatte varierer fra sted til sted. Derfor er det nødvendig å forenkle ved å anta at desibelnivået er det samme for alle boliger med lik distanse fra vegene eller jernbanelinjen. La antallet personer som eksponeres for ulike desibelnivåer defineres som $u(L)$. Uttrykket for de marginale kostnadene omskrives da som:

$$\frac{\partial S}{\partial N} = \sum_L w \frac{\partial a}{\partial L} \frac{\partial L}{\partial N} u(L) \quad (3)$$

Vi kan dele dette opp i to deler

- a) Vi finner ut hvor stor økning i støybelastningen vi får ved et ekstra kjøretøy eller togsett.
- b) Vi ganger denne endringen med marginalkostnaden for 1 dB støyendring i belastningsintervallet og antall eksponerte.

Dersom en trafikkøkning gir 0.3 dB økning og verdien av en marginal økning på 1 dB er NOK 300, får vi eksempelvis en marginalkostnad på $0.3 \times 300 = \text{NOK } 90$ per eksponert person.

Dette gjør at vi kan splitte opp metodikken for å verdsette marginale støyendringer i to. Vi ser her på hva verdien av en økning i støyen med 1 dB er verdt med hensyn på de som er sterkt støyplaget, sterkt søvnforstyrret, og som får iskemiske hjertekarlidelser. I tillegg ser vi på trivsel-effekter i form av flere personer med lettere grad av plage. De følgende kapitlene beskriver i detalj utredningen av enhetspriser for støy, mens kapittel 8.10 sammenstiller enhetsprisene i tabeller.

Den videre teksten krever en forståelse av hvilke mål på støy som benyttes. Vedlegget til denne delen av rapporten (Vedlegg, Del 4 - Støy) gir en innføring av hva støy er og hvordan den måles.

8.2 Nytt moment: endring i antallet berørte

Tidligere beregninger av marginalkostnader (Magnussen, Navrud, & San Martin, 2010; Harald Thune-Larsen, Knut Veisten, Kenneth Løvold Rødseth, & Ronny Klæboe, 2014) har lagt til grunn at kun de som var plaget av støy før endringen i transport telles med når man beregner marginale kostnader. Dette er en svakhet ettersom støyendringen ved økt trafikk også medfører at influensområdet øker (dvs. at flere blir eksponert for støy enn

tidligere). Motsatt vil en støyreduksjon også bety at støyen har betydning for et mindre område.

Det framgår av oversiktene over støyutsatte fra SSB og andre om hvor mange som plages ved ulike støynivå at det er langt flere boliger og dermed personer som berøres ved lavere støyverdier. Sammenhengen er tilnærmet negativ eksponentiell og det går derfor an å anslå økningen i kumulativt antall berørte når støyen øker med 1 dB. For å ta hensyn til at influensområdet øker legges det i henhold til tall for tog og vegtrafikk over antallet berørte i ulike intervaller 10% på marginalkostnadene. Dette er også konsistent med resultater fra en regresjonsanalyse basert på et detaljert datagrunnlag om eksponerte boliger ved Hovedbanen som er levert av Bane nor i forbindelse med prosjektet. I beregningene over marginalkostnader multipliserer vi med influensfaktoren som da blir 110% eller 1.1.

8.3 Helsekostnader verdsettes i DALY

Verdsetting av de marginale støykostnadene har tidligere tatt utgangspunkt i støyforstyrrelser og plager, og benyttet betalingsvillighetsstudier og boligprismetoden (Arsenio, Bristow, & Wardman, 2006) til å anslå skadekostnadene. En oversikt over verdsettingsmetodikk finnes i Klæboe, m.fl. (2016).

Nytt er at etatene ønsker å verdsette konsekvensene av iskemiske hjertekarlidelser, personer som er sterkt plaget og søvnforstyrrelser som helseutfall og ved hjelp av Disability adjusted life years (DALY).

8.4 Helsekostnader ved flere sterkt støyplagede

8.4.1 Sterk støyplage gir et helsetap på 0.02 DALY

Helsemyndighetene i ulike land bruker DALY-indikatoren (summen av tapte leveår og år med helsetap). Kostnaden for sterk støyplage har likhetspunkter med kostnaden for kronisk liten smerte. Verdien fra ulike undersøkelser spriker en del, og i en del undersøkelser vektlegges sterk støyplage langt høyere. I rapporten bruker vi imidlertid 0.02 DALY.

Vi har da

Tabell 8.1: DALY-kostnad ved sterk støyplage.

	NOK ₂₀₁₉
Hver DALY	1 611 000
DALY-kostnad sterk støyplage (DPSP) 0.02 DALY	32 220

8.4.2 Virkningskurver for personer som er sterkt støyplaget

Vi velger å bruke internasjonale virkningskurver²⁷ (Miedema & Oudshoorn, 2001) til å identifisere andelen plagede av personer som er eksponert for støy. Disse virkningskurvene er også brukt av EU. Guski mfl. (2017) har senere rapportert andre sett av virkningskurver. Når Guski, m.fl. trekker vekk japanske studier og studier i alpemiljø, avviker imidlertid ikke

²⁷ Estimerte eksponering-effekt sammenhenger

resultatene vesentlig fra de som er brukt tidligere. Ettersom vi oppfatter funksjonsformen (annengrads polygon) Guski, m.fl. bruker til å estimere virkningskurvene som feilaktig for å fange opp kurveforløpet ved typiske S-formede kurver, velger vi å holde oss til de eldre kurvene hvor den underliggende matematiske funksjonsformen er mer korrekt.

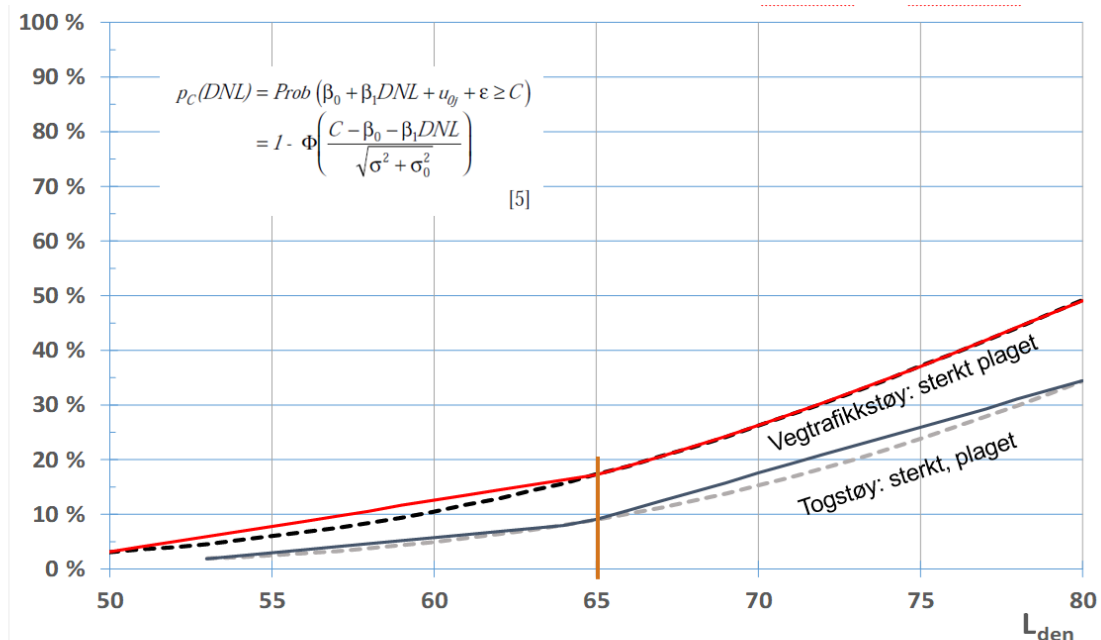
Av historiske årsaker oppgis ofte kurver for 28% 50% og 72% siden avstanden mellom plagekategoriene i en 7-delt plage skala er ca. 14% og de to øverste kategoriene står da for ca. 72% plage (Schultz, 1979). Vi kan imidlertid regne ut andelen som er ganske, mye og voldsomt plaget fra formelen som oppgis av Miedema og Oudshoorn:

$$p_C(L_{den}) = \text{Prob}(\beta_0 + \beta_1 L_{den} + u_{0j} + \varepsilon \geq C)$$

$$= 1 - \Phi\left(\frac{C - \beta_0 + \beta_1 L_{den}}{\sqrt{\sigma^2 + \sigma_0^2}}\right) \quad (4)$$

Her regnes andelen som berøres fra en endring i støymålet L_{den} når en setter inn for L_{den} og bruker relevante parametere. Når vi skal angi fraktilen C i fordelingen for de tre øverste kategoriene i en 5-delt skala får vi $C/100 = 3 \times 20\% = 60\%$ dvs. $C = 60$

Kurvene er beregnet ved hjelp av en gruppert regresjonsmodell som gir S-formete kurver, slik de skal. Det er to ledd for standardavviket i nevneren. Det ene av disse angir spredningen mellom de internasjonale studiene som inngår i analysen, mens den andre angir spredningen mellom observasjonene innen hver av studiene. Vi setter inn relevante parametere og plotter ut kurvene for vegtrafikk- og togstøy.



Vinkelkoeffisienter veg: 0.942717%, 2.12606%
 Toa: 0.600263%, 1.68971%

Figur 8.2: Andel personer som er mye og voldsomt plaget av veg- og togstøy. Basert på resultater i (Miedema & Oudshoorn, 2001).

Vi velger å bruke 52 dB som kuttpunkt for vegtrafikkstøyplage og 53 dB som kuttpunkt for togstøyplage. Det er fortsatt mange som rapporterer at de er sterkt plaget under kuttpunktene 52 dB og 53 dB. Det er mulig å argumentere for å gå lenger ned ettersom virkningskurvene indikerer at det fortsatt er mange som er sterkt plaget også ved lavere støynivåer. Det som taler imot er at andre støykilder og ulemper har større relativ betydning, slik at det ikke er sikkert at en støyreduksjon alene gir full gevinst. Vi holder oss imidlertid til anbefalt nedre grense fra WHO for støyplage på 52 dB og regner marginale støykostnader fra 52 dB.

8.4.3 Marginale helsekostnader sterk støyplage i 2019-kroner

Det framgår av Figur 8.2 at kurvene er tilnærmet lineære med helningsvinkel for vegtrafikkstøy for vegtrafikk og togstøy på hhv 0.0094 og 0.006 mellom 52 (tog 53) og 65 dB og hhv. 0.021 og 0.0169 over 65 dB.

Vi får da de marginale kostnadene ved en støyøkning på 1 dB ved å multiplisere ut:

over 65 dBA

Vegtrafikkstøy

52 - 65 dB : 0.942717% * DPSP *infl = NOK 334

65 - 80 dB : 2.12606% * DPSP *infl = NOK 754

Togstøy:

53 - 65 dB : 0.600263% * DPSP *infl = NOK 213

65 - 80 dB : 1.68971% * DPSP *infl = NOK 599

DPSP = DALY-kostnad per person sterkt plaget

infl = Influenzområde øker med 10% per dB

8.5 Helsekostnader grunnet søvnforstyrrelser

De ulike stegene i beregningen av marginalkostnadene grunnet at flere personer blir sterkt søvnforstyrret tilsvarer framgangsmåten for støyplage.

Framgangsmåten er følgende:

1. Finne fram til verdsetting i DALY og konvertere til NOK₂₀₁₉-verdier.
2. Bruke virkningskurver for å finne endring i andelen som er sterkt støyforstyrret og kuttpunkter.
3. Angi marginalkostnaden per dB-endring
4. Vurdere mulig overlapp mellom verdsetting av støyplage og søvnforstyrrelse slik at en ikke teller de samme konsekvensene dobbelt

8.5.1 Sterk søvnforstyrrelse gir et helsetap på 0.07 DALY

Vi bruker Verdens helseorganisasjons (WHO) angivelse av at en søvnforstyrrelse er verdt 0.07 DALY. På samme måte som verdsettinger ved hjelp av betalingsvillighetsstudier og hedonisk prising finner man store sprik i angivelsen av DALY per person som er meget søvnforstyrret. WHO angir et intervall mellom 0.04 og 0.10 DALY.

Den nærmeste ordinære helsetilstanden som er verdsatt i DALY er søvnløshet/insomnia som verdsettes til ca. 0.10 DALY.

Vi har da:

Tabell 8.2: DALY-kostnader ved søvnforstyrrelser.

	NOK ₂₀₁₉
Hver DALY	1 611 000
DPSS Søvnforstyrrelser 0.07 DALY konvertert til kroner	112 770

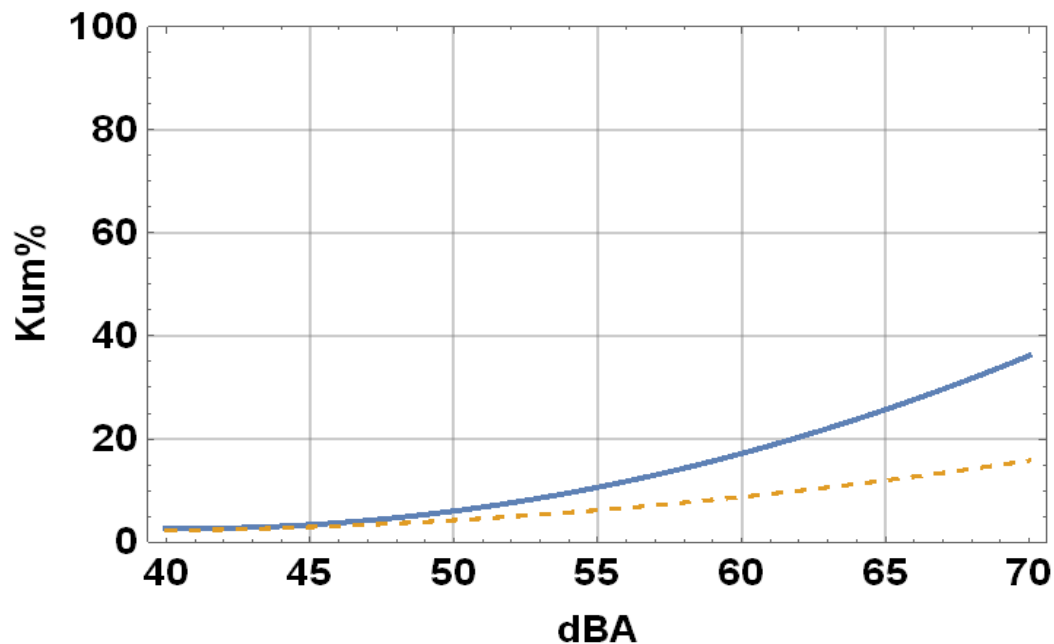
8.5.2 Virkningskurver for personer som er sterkt søvnforstyrret

Vi bruker virkningskurver fra en fersk meta-analyse av ulike studier av Basner, m.fl. (2018). De angir sannsynligheten for å være sterkt søvnforstyrret (%HSD) med en rekke annengradspolynomer. L_{night} er ekvivalentstøyverdien utenfor mest eksponerte fasade om natten. Ideelt hadde det vært ønskelig å kjenne støybelastning spesifikt utenfor soverom.

$$\begin{aligned} \text{Veg \%HSD} &= 19.4312 - 0.9336L_{\text{night}} + 0.0126L_{\text{night}}^2 \\ \text{Tog \%HSD} &= 67.5406 - 3.1852L_{\text{night}} + 0.0391L_{\text{night}}^2 \end{aligned} \quad (5)$$

Når vi plottes disse ut (jf. Figur 8.3) ser vi at der tilnærmet lineære mellom 50 og 70 dBA og at de marginale endringene under 50 dBA er små. Feilen som gjøres ved en lineærtilnærming er liten i forhold til andre feilkilder.

Det er verdt å merke seg at andelen som er sterkt søvnforstyrret av togstøy ligger over andelen som er sterkt søvnforstyrret fra vegtrafikkstøy. Vinkelkoeffisientene er hhv. 0.5784% for vegtrafikkstøy og 1.5068% for togstøy



Figur 8.3: Virkningskurver for personer som er sterkt søvnforstyrret som funksjon av ekvivalentstøynivået om natten på mest eksponerte fasade, etter kildene jernbanetransport (blå heltrukken kurve) og vegtrafikk (gul stiplede kurve).

8.5.3 Marginale helsekostnader søvnforstyrrelse i 2019-kroner

8.5.3.1 Når vi kjenner L_{night} :

Per dB endring som overstiger L_{night} 50dB

$$\begin{aligned} \text{Tog: } &1.5068\% * 0.07 \text{ DALY} * \text{influens} = 0.1055\% * \text{DALY} * \text{influens} \\ &\approx \text{NOK}_{2019} 1\ 869 \end{aligned}$$

$$\text{Veg: } 0.5784\% * 0.07 \text{ DALY} * \text{influens} = 0.0405\% * \text{DALY} * \text{influens} \\ \approx \text{NOK}_{2019} \quad 717$$

8.5.3.2 Når vi ikke kjenner L_{night}

$$L_{\text{night}} = L_{\text{den}} - 6 \text{ for vegtrafikk – Basner og McGuire}$$

$$L_{\text{night}} = L_{\text{den}} - 7 \text{ for togtrafikk – egne beregninger}$$

Per dB endring som overstiger L_{den} 57dB, med tillegg for endring influensområde

$$\text{Tog: } 1.5068\% * 0.07 \text{ DALY} * \text{influens} = 0.1055\% * \text{DALY} * \text{influens} \\ \approx \text{NOK}_{2019} \quad 1 \ 869$$

Per dB endring som overstiger L_{den} 56dB

$$\text{Veg: } 0.5784\% * 0.07 \text{ DALY} * \text{influens} = 0.0405\% * \text{DALY} * \text{influens} \\ \approx \text{NOK}_{2019} \quad 717$$

8.6 Vi velger å ikke korrigere for overlapp

En problemstilling i verdsettingsstudier er om noen effekter telles dobbelt. Det er eksempelvis en større andel av personene som er sterkt søvnforstyrret som også er sterkt plaget. En person er både sterkt søvnforstyrret og sterkt plaget, vil få en søvn og plage kostnad på $0.07 + 0.02$ DALY. Spørsmålet er om noe av tillegget på 0.02 DALY skal trekkes fra.

I teorien kunne det at en person rapporterer støyplage ene og alene skyldes søvnproblematikk, og støyplagen vil i så fall kun være en ekstra indikator på søvnproblemene som allerede er regnet inn i med en kostnad på 0.07 DALY.

Dette er imidlertid urealistisk. Årsaken til korrelasjonen mellom søvnforstyrrelser og støyplager er først og fremst fordi støy er en felles bakenforliggende faktor. Vi finner eksempelvis at forholdsvis flere som er sterkt søvnforstyrret også rapporterer kommunikasjonsforstyrrelser mv.

At personer som er utsatt for en miljølempe oftere rapporterer at de er rammet av andre kan i tillegg forklares ved at noen personer er mer sensitive for miljølempen enn andre, sensitivisering (Ursin & Eriksen, 2001; Ursin & Eriksen, 2010) og at det kan foreligge genetisk betinget sensitivitet til støy og at personer således er multisårbar. (Fyhri & Klæboe, 2009). Denne delen av korrelasjonen skal følgelig ikke trekkes fra.

En kan likevel tenke at søvnforstyrrelser er en av mange faktorer som gir bidrag til plager fra vegtrafikkstøy, og at en liten del av støyplagen da skulle kunne komme til fratrekk.

Nå er det imidlertid ikke åpenbart at en evt. kausalsammenheng medfører at vi skal gjøre fullt fratrekk for sekundærvirkningene. Dersom søvnforstyrrelser medfører angst om dagen for at vedkommende skal få helseproblemer, eller medfører tretthet dagen derpå som gjør at personen har mindre å gå på og rammes sterkere av støy også på dagtid er personen faktisk dobbelt rammet, og begge komponentene skal regnes med.

Vektene på 0.02 DALY og 0.07 DALY framkommer som resultat av undersøkelser i helsesektoren der det foretar avveining mellom ulike sykdomsutfall og tilstander. Søvnforstyrrelser ses da opp imot utfall i form av eksempelvis søvnløshet/insomnia, og støyplage i forhold til liten kronisk smerte. Det er lite som tyder på at det i selve vektene på 0.07 og 0.02 er gjort noen form for dobbelttelling. Skal en gå dypere inn i denne problematikken kreves mer dyptgående analyser.

Vi velger her å ikke gjøre fratrekk for mulig overlapp.

8.7 Helsekostnader iskemiske hjertekarlidelser

Vi går fram på tilsvarende måte som for søvnforstyrrelser, med tilleggsberegninger av gjenværende leveår og år med helsetap for personer som dør av iskemisk hjertelidelse fra Folkehelseinstituttet (FHI) samlet inn som del av en internasjonal studie -- Global Burden of Disease (Øverland et al., 2018). Se også detaljerte beregninger gjennomført av Aasvang og Krog (Aasvang & Krog, 2018).

Trinnene i beregningen er som følger

1. Vi bruker dødsfallstatistikk for å finne hvor mange som totalt dør av iskemiske hjertekarsykdommer
2. Vi bruke en beregning over andelen av hjertekarsykdommene i befolkningen som skyldes vegtrafikkstøy til å anslå andelen som ville ha kommet uten vegtrafikkstøy (baseline)
3. Vi bruker internasjonale virkningskurver som angir en relativ risiko for å bli utsatt for iskemiske hjertelidelser, og helningsvinkelen som angir marginalvirkning av 1 dB endring. Disse foreligger kun for veitrafikk, noe som betyr at kostnader ved hjertekarlidelse foreløpig ikke tas hensyn til for togtransport.
4. Vi bruker tall fra 2016 til å si noe om antall leveår tapt (YLL) og antall år med dårligere livskvalitet (YLD) på grunn av vegtrafikkstøy for å anslå kostnaden i DALY per sykdomstilfelle/død (Øverland et al., 2018).
5. Vi finner fram til den marginale kostnaden ved å multiplisere de ulike faktorene.

8.7.1 Risikoen for å dø av iskemiske hjertekarsykdommer

Vi har brukt online helsestatistikk (www.norgeshelsa.no). Vi finner der at risikoen for å dø av hjertekarsykdommer synker med årene.

Causes of death, key figures (NHC) – deaths per 100 000 persons, age standardised

▼ Change selection of...

				2012	2013	2014	2015	2016
Geography	Gender	Cause of death	Age					
Norway	men	Ischaemic heart disease (I20-I25)	all ages	129	120	109	110	101
	women	Ischaemic heart disease (I20-I25)	all ages	73	63	57	58	50

Vi velger å bruke tallene for det siste året som det foreligger tall for (dvs. 2016) uten ekstrapolering.

Tabell 8.3: Befolkning i ulike aldersgrupper (2016).

Gender	both genders	men	women
Age			
all ages	5,213,985	2,625,111	2,588,874
0-4 years	305,395	156,720	148,675
5-9 years	321,181	164,741	156,440

Vi får da (siden antallet menn og kvinner ikke var så forskjellig i 2016) risikoen per 100 000 personer som et vektet gjennomsnitt på 75.68 per 100 000 personer, dvs at risikoen totalt for både de som er utsatt og ikke utsatt for vegtrafikkstøy er 0.0007568.

8.7.2 Relativ risiko for få hjertekarsykdom som funksjon av L_{den}

Van Kempen (van Kempen, Casas, Pershagen, & Foraster, 2018) angir en økning i risiko for å få iskemiske hjertekarlidelser på 8% per 10 dB.

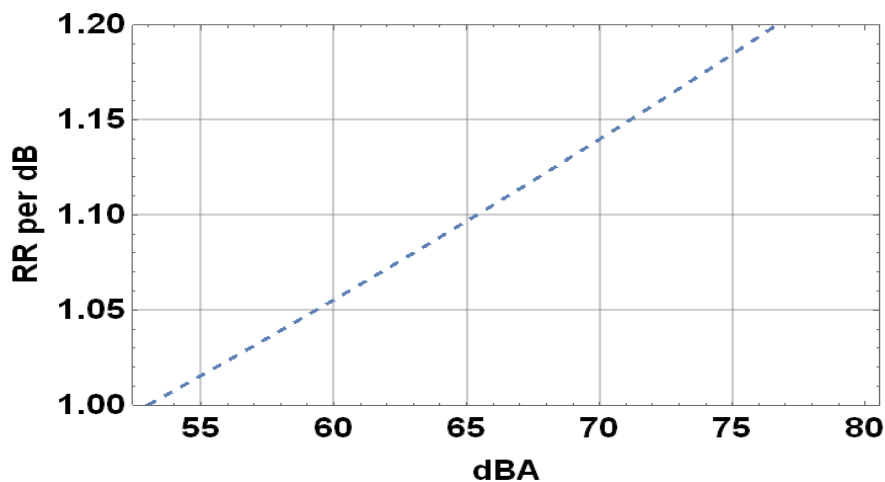
Vi finner den relative risikoen for en 1 dB endring til å være

$$RR_{pr1dB} = 1.08^{\frac{1}{10}} = 1.00773 \quad (6)$$

WHO angir et kuttpunkt på 53dB og den relative risikoen for hjertekarlidelse ved et gitt støynivå x i forhold til en som ikke er utsatt for støy er da

$$RR(x) = 1.00773^{(53-x)} \quad (7)$$

Når vi plotter ut kurven finner vi at den er tilnærmet lineær innenfor det aktuelle området vi ser på.



Figur 8.4: Relativ risiko for å få iskemisk hjertekarlidelse etter støybelastning.

Vi kan derfor som en forenkling bruke en helningskoeffisient på 0.00822225 for å anslå marginalvirkningen av en endring på 1 dB.

8.7.3 Beregning av dødsrisikoen uten vegtrafikkstøy

For å finne antallet ekstra dødsfall må vi ta utgangspunkt i hvor mange dødsfall som ville ha kommet uten vegtrafikkstøy.

Vi har derfor gjennomført en beregning av hvor stor del av risikoen for å dø som skyldes vegtrafikken gitt en inndeling av Norges befolkning i 5 dB-intervall

Tabell 8.4: Befolkning utsatt for støy, etter støyintervall.

2014	
I alt over 55	1 871 700
70,0 -	47 500
65,0 - 69,9	138 300
60,0 - 64,9	361 000
55,0 - 59,9	1 324 900

Tabell 8.4 viser kun tall fra 55 dB og oppover mens WHO bruker en nedre grense på 53 dBA. Vi har anslått antallet personer i kategorien 53-54.5 dB som 1.5/5 ganger antallet personer i 5-dB kategorien over, men med et 10 % tillegg ettersom fordelingen ikke er lineær innenfor intervallet men faller med økende belastning.

Basert på beregningen av tilskrivbar andel i befolkningen (Population Attributable Fraction; PAF) finner vi at andelen av hjertekarsykdommene som skyldes vegtrafikkstøy til å være 3.9% dvs. 96.1% skyldes andre årsaker enn støy. Beregningen tar utgangspunkt i den relative risikoen i hvert av intervallene, finner ut hvor stor del som skyldes vegtrafikkstøy og deler på totalrisikoen innenfor hvert av områdene. Derettes vekter så disse andelene med hvor stor del av befolkningen som er utsatt for hvert av belastnings-intervallene, og summeres.

Risikoen for å dø av hjertekarsykdommer uten vegtrafikkstøy blir da beregnet til å være $(100\% - 3.9\%) * 75.68 / 100\ 000 = 0.000727258$

8.7.4 Antall leveår tapt (YLL) og år med helsetap (YLD)

Det kan finnes flere kilder og tallgrunnlag som er relevante. Vi har tatt utgangspunkt i beregninger som er gjennomført som del av prosjektet [Global Burden of Disease](#).

For hver som rammes av hjertekarsykdom indikerer tall fra arbeidet med Global Burden of Disease i 2016 et tap på 11.376 DALY. Tapet er satt sammen av antall leveår tapt (Years of Life Lost) og antall år med redusert livskvalitet (Years of Life with Disability), som i 2016 lå på ca. 10% av antallet tapte leverår. Helsetapsberegningen i DALY baserer seg på antagelser over antall gjenværende leveår YLL, noe som kan gjøres på flere måter. (Gakidou et al., 2017; Øverland et al., 2018).

8.7.5 Marginalkostnaden for hjertekarsykdommer i 2019-kroner

Ved å multiplisere opp får vi:

Kostnad per dB i DALY: (over WHO grense 53dB)

Kostnad per dB i DALY:

$$0.00822225 * 0.000727258 * 11.376 = 0.0000680251 \text{ DALY}$$

Da får vi kostnad per dB-endring på NOK₂₀₁₉ 110

Tatt hensyn til influensområdet NOK₂₀₁₉ 121

8.8 Lettere plager og ulemper gir også en kostnad

Ettersom støy i tillegg til helsevirkningene også har trivselsvirkninger, har vi verdsatt konsekvensene ved at mange får lettere grader av plager

Støyplagen er her verdsatt i en betalingsvillighetsstudie. I denne studien var ikke verdien av lettere plagegrader mulig å skille fra verdien av å være sterkt plaget.

Verdien av lettere plagegrader var ikke mulig å skille fra verdien av å være sterkere plaget og settes lik verdien NOK₂₀₀₅ 2 500 hentet fra forrige verdsetningsstudie av støy (Magnussen et al., 2010).

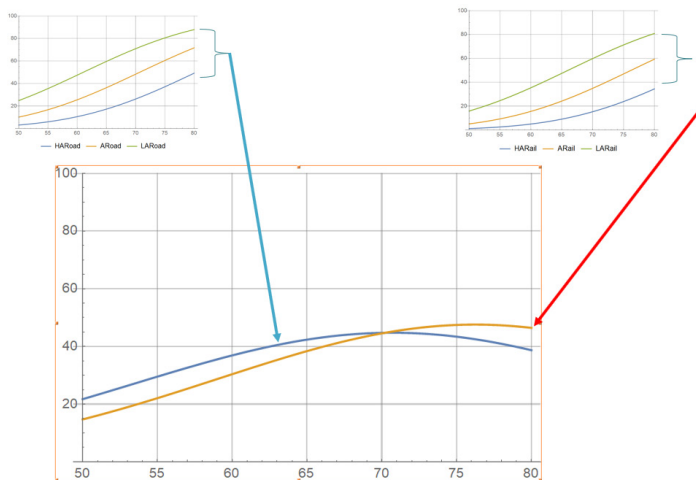
Verdsetting av støyplage

plaget og ikke kun de som er svært plaget. Enhetsverdien er satt lik gjennomsnittlig BV for kategoriene "ganske/mye/voldsomt" plaget i HEATCO-undersøkelsen, da det ikke er signifikante forskjeller i BV mellom disse tre kategoriene jfr. tabell 4.10 og de tre kategoriene samlet utgjør et tilstrekkelig antall observasjoner å basere en enhetsverdi på. Når det gjelder valget mellom hvilken definisjon av reelle nullsvar BV skal baseres på vil reell null1 og 2 sannsynligvis gi henholdsvis et for lavt og et for høyt anslag for BV. Midtpunktet vil da kunne være en naturlig approksimasjon. Det betyr en verdi per plaget person (PP) per år lik ca. 2500 2005-kr; se tabell 4.19 (Som tilsvarer 2750 2009-kr, jfr. 9.2 % prisstigning i perioden).

Oppjustert til 2019 kroner får vi ved å bruke indeksen over endringer i BNP at kostnaden ved at en person er plaget av støy er NOK₂₀₁₉ 3 969.

8.8.1 Vi bruker virkningskurver for å finne andelen som er lettere plaget

Fra virkningskurvene til Miedema og Oudshoorn (2001) kan vi finne hvor mange som er plaget utover de som er sterkt plaget, ved å ta differansen over de kumulative virkningskurvene for de som minst er ganske plaget og kurvene for sterkt plaget jfr. Figuren nedenfor.



Figur 8.5: Personer som er plaget utover de som er sterkt plaget fås fra virkningskurvene for hhv 28% og 72% plagede. Kurvene er tilnærmet lineære mellom 50 og 70 dB(A).

Etter anbefaling fra WHO regnes marginalkostnaden for støynivåer fra 52dB og oppover.

8.8.2 Marginalkostnader lettere plagegrader i 2019-kroner

Vi gjør en enkel lineær tilnærming mellom 50 og 70 dB(A) (vegtrafikk og mellom 53 og 70 dB(A) for togtrafikk).

Trivselsvirkning veg

Vinkelkoeffisient 1.15% per dB over 50 dBA

Trivselsvirkning tog

Vinkelkoeffisient 1.50% per dB over 53 dBA

Vi får da

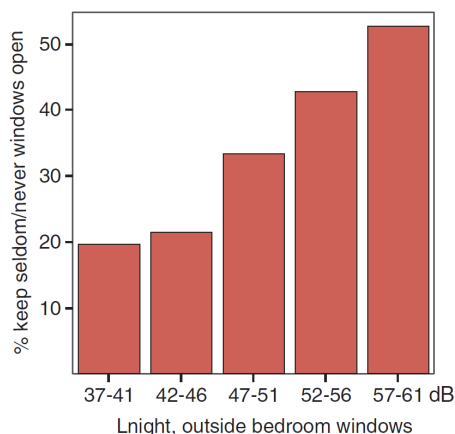
Oppjustert i hht BNP+hensyn tatt til influensområde

Veg over 50 dBA	NOK2019 50
Tog over 53 dBA	NOK2019 66

8.9 Ulempekostnader utelatt

Personer som utsettes for støy gjør ulike adferdstilpasninger. De holder vinduer og dører stengt for å unngå støyen, de reduserer bruken av og oppholder seg kortere tid i uteområder, reduserer aktiviteter i nabolag mv. Dette gjør at de blir mindre plaget, men har samtidig en tilpasningskostnad. Når vinduer og dører holdes lukket minsker kontakten med aktiviteter utenfor boligen, og ventilasjonen blir dårligere, noe som fører til problemer med inneklimate. Disse tapene fanges ikke opp i plagevurderingene.

Eksempelvis kan vi se fra en svensk studie at ca. 25-35% flere av befolkningen holder vinduer lukket om natten når støyen utenfor soveromsvinduet er over 52 dBA om natten (Öhrström, Skånberg, Svensson, & Gunnarsson, 2006). For å angi en kostnad, er det imidlertid nødvendig å anslå størrelsen på tapet. Ettersom det mangler informasjon om bakgrunnen for den enkelte respondents valg har vist seg vanskelig å anslå ulempekostnadene. Vi vil foreslå at en i nye miljøundersøkelser går nærmere inn på kostnadene knyttet til slike adferdsendringer.



Figur 8.6: Personer som sjeldent eller aldri holder vinduer åpne om natten etter eksponering for vegtrafikkstøy om natten.

8.10 Enhetspriser oppsummert

De forutgående kapitlene har beskrevet ulike kostnader per dB støy i) over 52 dB for vegtrafikk og ii) 53 dB for togtrafikkstøy. Vi oppsummerer nå disse til en enhetspris per

plaget per dB for ulike dB-intervaller. Marginale kostnader fremkommer videre ved å multiplisere enhetsprisene med hhv

- i) antall eksponerte personer i hvert av dB-intervallene
- ii) endring i støynivået ved en marginal endring i trafikken.

Tabell 8.5: Enhetspriser for støy, vegtrafikk (2019 NOK).

	52dB	53dB-55dB	56dB-64dB	65dB-
Plage	50	50	50	50
Hjerte/kar		121	121	121
Søvnforstyrrelse			717	717
Sterk støyplage	334	334	334	754
Enhetspris veg	384	505	1222	1642

Tabell 8.6: Enhetspriser for støy, togtrafikk (2019 NOK).

	53dB-56dB	57dB-64dB	64dB-
Plage	66	66	66
Søvnforstyrrelse		1869	1869
Sterk støyplage	213	213	599
Enhetspris bane	279	2148	2534

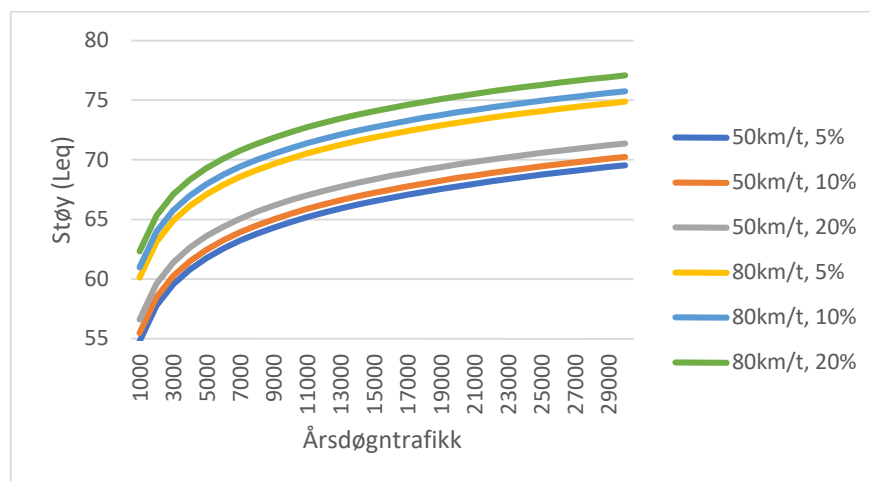
Med bakgrunn i disse enhetsprisene ønsker vi i de følgende kapitlene å

- i. Gjøre nye beregninger for vegtrafikkstøy basert på metodeopplegget fra Thune-Larsen mfl. (2014)
- ii. Gjøre nye beregninger av marginale kostnader ved togtransport basert på data fra Hovedbanen

9 Oppdaterte beregninger for vegtrafikkstøy

Grunnlaget for beregningene av kostnader ved vegtrafikkstøy er nærmere beskrevet i Thune-Larsen, m.fl. (2014). Metodikken tar utgangspunkt i beregnet støy ved kilden (dvs. vegen) innenfor ulike vegtyper (gruppert etter årsdøgntrafikk og fartsgrenser) og støyendringene som estimeres å inntreffe dersom årsdøgntrafikken øker med *ett* ekstra tungt eller lett kjøretøy. Ved å ta produktet av støyendringene grunnet *en enbets* endring i årsdøgntrafikken, et representativt antall eksponerte personer per kilometer veg og enhetsprisene fra kapittel 8.10 finner vi den årlige kostnaden knyttet til en ekstra daglig kjøretøykilometer per vegtype. Disse marginalkostnadene normaliseres til slutt ved å dele på 365 dager i året for å utlede kostnadene knyttet til den enkelt kjøretøykilometeren. Vi anbefaler i utgangspunktet bruk av marginale støykostnader beregnet for spesifikke vegtyper i samfunnsøkonomiske analyser, men vi presenterer også et vektet gjennomsnitt av kostnadene til forenklete analyser.

Beregningene bygger på Statistisk sentralbyrås forenklete beregningsverktøy for støykartlegging. Støyemisjonen er gitt som en funksjon av antall lette og tunge kjøretøy på lenken. Figur 10.1 viser hvordan gjennomsnittlig støy over døgnet (Leq, 24t) varierer med skiltet fart (50 og 80 km/t), daglig trafikkmengde på lenken og tungtrafikkandel (5%, 10% og 20%).



Figur 9.1: Statistisk sentralbyrås forenklete støyberegningsverktøy.

Vi kan lese av Figur 10.1 at både en økning i fart (eks. når man sammenlikner to lenker med ulike fartsgrenser) og tungtrafikkandelen øker støyemisjonene for en gitt trafikkmengde. Den marginale støyendringen – altså, endringen ved at årsdøgntrafikken øker med et ekstra kjøretøy på lenken – er gitt ved hellingen på kurvene over. Vi ser at hellingen er bratt for lenker hvor trafikkvolumet er lavt, mens den blir veldig flat når trafikkmengden er høy. Det største potensialet for å skape støyplage er dermed trafikøkninger på veger hvor trafikken i utgangspunktet er lav.

Selv om skadepotensialet er størst der hvor trafikken er lav, vil skaden selvfølgelig være avhengig av hvor mange som bor langs veien. I Thune-Larsen m.fl. (2014) ble det tilpasset kurver hvor antall eksponerte personer per kilometer veg er en funksjon av befolknings-tettheten og støynivået. Kurvene ble estimert basert på et lite datasett fra en tidligere støy-kartlegging i Oslo og Akershus. I implementeringen av dette prosjektet fant vi at disse kurvene rapporterer et antall eksponerte per kilometer veg som er høyere enn hva Statens vegvesen normalt finner i sine støykartlegginger. Samtidig er regresjonsanalysen lite egnet til å skille mellom antall eksponerte i tettbygd og spredtbygd strøk. Statens vegvesen har derfor bistått prosjektet med å hente fram en representativ oversikt over gjennomsnittlig antall eksponerte per kilometer veg innenfor i) ulike tettstedsklasser (utenfor tettsted; tettsted med 200-100 000 innbyggere; tettsted med over 100 000 innbyggere), ii) veger med ulike fartsgrenser (30 km/t; 50 km/t; 80 km/t) og iii) ÅDT-klasser (0-2000; 2000-4000; 4000-8000; 8000-16000; 16000-32000; over 32000). Utvalget er hente fra Molde øst (spredtbygd strøk), Molde vest og Steinkjær (små tettsted) og Trondheim (stort tettsted). Tabell 9.1. gir en oversikt over antall eksponerte personer per kilometer veg som er lagt til grunn for de nye beregningene av marginale støykostnader. Merk at datagrunnlaget kun skiller mellom ÅDT-klasser for store tettsteder. I beregningene antas det derfor at antall eksponerte per kilometer veg er uavhengig av vegens ÅDT i så tettsteder og i spredtbygd strøk.

Tabell 9.1: Antall eksponerte per kilometer veg, etter tettsteds-, fart- og ÅDT-klasse.

ÅDT/Fart	Spredt			Små tettsteder			Store tettsteder		
	30	50	80	30	50	80	30	50	80
0-2000							146	70	3
2000-4000							248	175	7
4000-8000							250	229	1
8000-16000							435	475	45
16000-32000								650	139
32000 -									448
Gj.snitt	0	52	6	192	203	12	270	320	107

Statistisk sentralbyrås forenklete beregningsverktøy benyttes til å beregne støy ved kilden (L_{den}) og endringen i støynivået som følge av ett ekstra tungt eller lett kjøretøy. Som i Thune-Larsen m.fl. (2014) legges det til grunn en tungtrafikkandel på 6 prosent. Støyverdiene beregnes for ulike ÅDT-klasser (1500; 3500; 7000; 14000 28000; og 40000) og fartsgrenser (30 km/t; 50 km/t; 80 km/t). Det beregnede støynivået ved kilden er videre bestemmende for hvor mange eksponerte som telles med i beregningen av de marginale kostnadene. Dersom eksempelvis en vegtype (dvs. fart- og ÅDT-klasse) er funnet å ha 60 dB støy ved kilden telles kun antall eksponerte i intervallet 52-60 dB med i beregningen av marginale støykostnader for denne vegtypen.

Selv om de nye beregningene er å regne som en oppdatering av Thune-Larsen, m.fl. (2014) sine beregninger er det flere forskjeller utenom de tidligere nevnte. Det første å bemerke er Thune-Larsen, m.fl. (2014) satte en nedre grense på 55 dB for å regnes som eksponert for støy. I den nye verdsettingen settes en grense på 52 dB, noe som alt annet likt betyr at antallet eksponerte (innenfor den samme populasjonen) øker i den nye beregningen.

Videre er støyindikatoren som legges til grunn for de nye beregningene (L_{den}) ikke sammenfallende med støyindikatoren som ble benyttet i Thune-Larsen, m.fl. (2014), nemlig L_{Aeq24} . Dette skyldes at støykartleggingen Thune-Larsen, m.fl. sin studie bygger på kun angir

støynivåer i L_{Aeq24} . For å kunne konvertere dette støymålet til L_{den} følger vi Brink, m.fl. (2018) og anslår at²⁸:

$$L_{den} \approx L_{Aeq24} + 4 \quad (8)$$

Dette betyr at grensen på 52 dB L_{den} tilsvarer en grense på 48 dB L_{Aeq24} , som er langt lavere enn grensen på 55 dB L_{Aeq24} som er benyttet i Thune-Larsen, m.fl. (2014). Til slutt erstatter vi de tidligere benyttede enhetsprisene med enhetsprisene beskrevet i kapittel 8.10. En viktig forskjell er at den tidligere enhetsprisen kun utgjør en liten andel av den nye enhetsprisen.

Basert på modellrammeverket beskrevet over beregnes altså endringen i årlige støykostnader ved at årsdøgntrafikken øker med ett kjøretøy på ulike (hypotetiske) veglenker som skiller ut seg i form av befolkningstetthet, skiltet fart og årsdøgntrafikk. Siden kostnadsberegningen tar utgangspunkt i en fast daglig kjøretøykilometer deler vi på 365 dager i året for å regne om til kostnader per enkelt kjøretøykilometer. Tabell 9.2 gjengir de detaljerte kostnadsberegningene per vegtype.

Tabell 9.2: Kostnadsøkning grunnet en marginal kjøretøykilometer (2019 NOK/km).

ÅDT	Spredt		Små tettsted		Store tettsted	
	Lette biler	Tunge biler	Lette biler	Tunge biler	Lette biler	Tunge biler
0-2000	0,00	0,00	0,39	3,42	0,62	5,39
2000-4000	0,00	0,00	0,25	2,20	0,53	4,59
4000-8000	0,00	0,00	0,20	1,76	0,32	2,80
8000-16000	0,00	0,00	0,14	1,20	0,20	1,70
16000-32000	0,00	0,00	0,07	0,62	0,00	0,00
32000 -	0,00	0,00	0,05	0,44	0,00	0,00
0-2000	0,17	0,87	0,62	3,11	0,27	1,34
2000-4000	0,12	0,62	0,40	2,00	0,42	2,09
4000-8000	0,08	0,41	0,27	1,34	0,30	1,50
8000-16000	0,04	0,21	0,15	0,76	0,36	1,79
16000-32000	0,02	0,11	0,08	0,40	0,20	1,02
32000 -	0,02	0,08	0,06	0,28	0,00	0,00
0-2000	0,04	0,23	0,07	0,43	0,02	0,10
2000-4000	0,02	0,11	0,03	0,20	0,02	0,14
4000-8000	0,01	0,06	0,02	0,11	0,00	0,01
8000-16000	0,00	0,03	0,01	0,05	0,03	0,21
16000-32000	0,00	0,01	0,00	0,03	0,05	0,33
32000 -	0,00	0,01	0,00	0,02	0,12	0,74

Tabellen viser at kostnadene ved ett ekstra tungt kjøretøy langt overstiger kostnadsendringen knyttet til ett ekstra lett kjøretøy på en gitt lenke, samtidig som marginalkostnadene avtar med årsdøgntrafikken. Det er lavere marginale støykostnader i spredbygd strøk sammenliknet med i tettsteder.

Vi anbefaler å legge tabell 10.2 til grunn for samfunnsøkonomiske analyser. Vi presenterer også vektete gjennomsnitt av marginalkostnadene, hvor vektene er satt lik andelen av

²⁸ Statens vegvesen opplyser at de som tommelfingerregel har benyttet en forskjell på 3 dB for å konvertere til L_{den} . Vi velger i stedet å legge resultater fra den veldokumenterte studien til Brink, m.fl. (2018) til grunn for konverteringen.

eksponerte personer i spredbygd og tettbygde strøk innenfor fart- og ÅDT-kategorier, basert på en dekomponering av Statistisk sentralbyrås støykartlegging for 2011. Denne framgangsmåten er identisk med sammenstillingen av støykostnadene i Thune-Larsen, m.fl. (2014). Tabell 9.3 rapporterer normaliseringen av de årlige kostnadene.

Tabell 9.3: Gjennomsnittlig kostnadsøkning grunnet en marginal kjøretøykilometer (2019 NOK/km).

	Marginal kostnad	Marginal kostnad
	Lette biler	Tunge biler
Spredbygd	0,04	0,24
Små tettsteder	0,30	1,63
Store tettsteder	0,33	2,39

I motsetning til Thune-Larsen, m.fl. (2014) finner vi at marginale kostnader for spredtbygd strøk ikke er neglisjerbare. Selv om datagrunnlaget vårt tilsier at det totalt sett bor færre i spredbygd strøk enn i tettsteder, så bor en høyere andel av de eksponerte langs veger med høy trafikk og dermed støy.

9.1.1 Sensitivitetstester

Med de justeringene som gjøres i denne studien oppnår vi en langt høyere marginalkostnad per kilometer vegtransport enn beregningene til Thune-Larsen mfl. (2014). Thune-Larsen mfl. rapporterte at kostnadene i små (store) tettsteder er henholdsvis 0,02 (0,02) 2014-NOK for lette kjøretøy og 0,11 (0,13) 2014-NOK for tunge kjøretøy.

Vi vil i dette kapitlet vise at den store forskjellen mellom beregningene i første rekke knytter seg til at enhetsprisen for støy er vesentlig endret. Dette skyldes at hjerte/karsykdom, søvnforstyrrelser og sterk støyplage nå er inkludert i enhetsprisen for støy, mens beregningen til Thune-Larsen mfl. (2014) kun verdsatte plage. Vi har derfor også beregnet eksterne kostnader for 2019 i tilfellet hvor kun plage inngår i enhetsprisen. Dette innebærer at enhetsprisen er kr. 50 i alle dB-intervall. Dette er vår sensitivitetstest S1. Vi beregner også marginalkostnadene når kun hjerte/karsykdom, søvnforstyrrelser og sterk støyplage verdsettes som sensitivitetstest S2. Marginalkostnadene beregnet ved en cut-off på 55 dB (i stedet for 52 dB) er beregnet som S3, mens S4 viser marginalkostnadene når $L_{Aeq,24h}$ legges til grunn for støyen ved kilden i stedet for L_{den} . Til slutt beregner vi marginale kostnader når antall eksponerte personer per kilometer er identisk innenfor hver farts- og ÅDT-kategori. Dette skiller seg fra hovedberegningen, hvor den beregnede støyen ved kilden legger premisser for hvor mange som regnes som eksponert per kilometer veg. Eksempelvis om støyen ved kilden er 60 telles kun antall personer som eksponeres for støy mellom 52 og 60 dB med i hovedberegningen, noe som gir et lavere antall personer per kilometer enn om man regner med alle eksponerte personer per kilometer veg (uavhengig av dB-gruppe). Dette kan medføre en fare for underestimering av de marginale kostnadene. Sensitivitetstest S5 gir en vurdering av betydningen av denne potensielle feilkilden. Testen innebærer at antall eksponerte per fart og ÅDT-kategori skaleres opp slik at de blir identisk med totalt antall eksponerte i alle dB-klasser. Dette innebærer videre at fordelingen av antallet personer som er eksponert innenfor ulike dB-klasser kan endre seg med fart og ÅDT, men at antallet personer som eksponeres totalt per klasse holdes konstant. Resultatene fra sensitivitetstestene er gjengitt i Tabell 9.4.

Tabell 9.4: Sensitivitetsanalyse for marginale støykostnader (2019-NOK), vegtrafikk.

Kostnader	Spredtbygd strøk		Små tettsteder		Store tettsteder	
	Lette kjøretøy	Tunge kjøretøy	Lette kjøretøy	Tunge kjøretøy	Lette kjøretøy	Tunge kjøretøy
Hovedberegning	0,04	0,24	0,30	1,63	0,33	2,39
S1	0,00	0,01	0,02	0,08	0,02	0,12
S2	0,04	0,23	0,29	1,54	0,32	2,27
S3	0,04	0,23	0,27	1,44	0,31	2,21
S4	0,02	0,15	0,15	0,76	0,13	0,85
S5	0,06	0,33	0,53	2,92	0,43	2,99

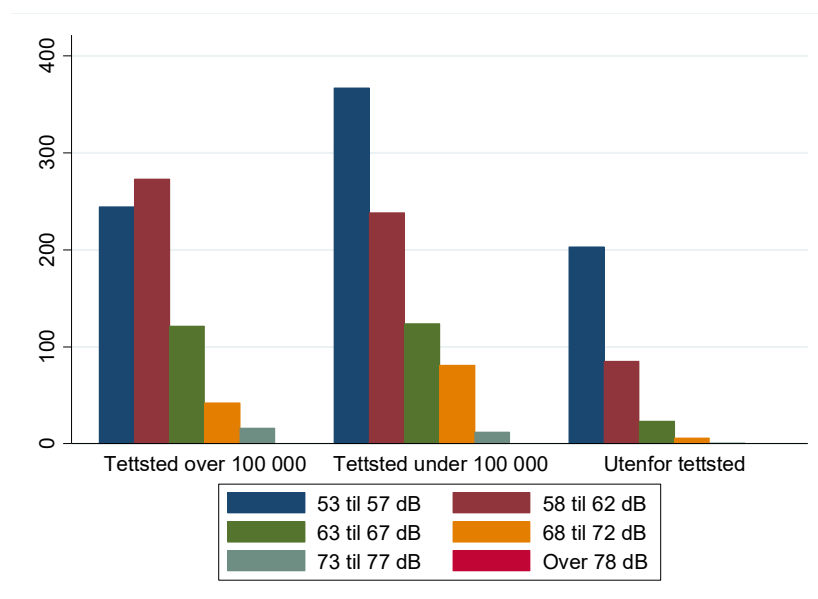
Beregning S1 i Tabell 9.4 viser at når enhetsprisene er i samme størrelsesorden som i Thune-Larsen mfl. (2014), så blir de beregnede marginalkostnadene tilnærmet identisk som i den tidligere studien. Den synliggjør at det store gapet mellom de nye og gamle beregningene drives av den kraftige endringen i enhetsprisene etter at helsevirkninger ved støy nå telles med. Denne endringen er i tråd med oppdateringen av Statens vegvesens håndbok for konsekvensanalyser, hvor en verdsetting av støy basert på DALY nå inngår. Samtidig ser vi at overgangen fra bruk av $L_{Aeq,24h}$ til L_{den} (sensitivitetstest S4) medfører at flere regnes som eksponerte per vegkilometer, noe som også er med på å forklare økningen i de marginale støykostnadene relativt til de tidligere beregningene.

10 Nye beregninger for jernbanestøy

TØI har hatt bistand fra Bane Nor i arbeidet med å oppdatere marginale eksterne kostnader ved togtransport. Bane Nor gjennomfører hvert 5. år en støykartlegging for jernbanen i Norge. Den siste studien – som i skrivende stund er under gjennomføring – danner grunnlaget for våre beregninger av marginale støykostnader. Denne baserer seg på trafikk tall fra 2016.

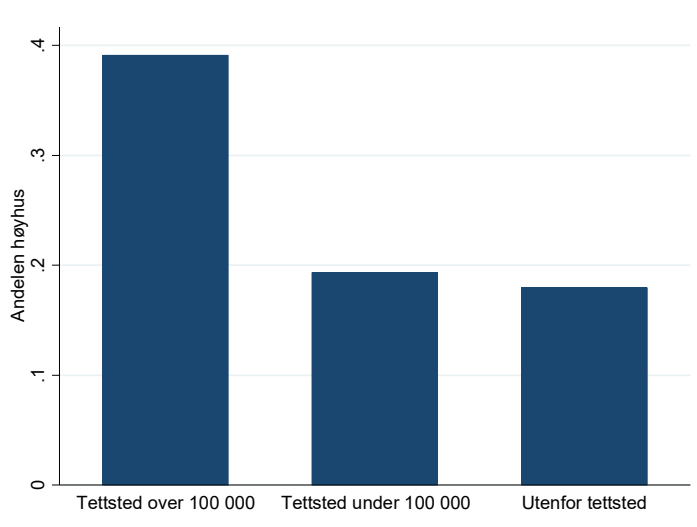
Det ville selvfølgelig vært ideelt å beregne marginale eksterne kostnader for alle lokasjoner langs hele banenettet for å kunne vurdere variasjonen i de marginale støykostnadene. Dessverre har det ikke vært mulig å gjennomføre en så omfattende analyse innenfor rammen av prosjektet. Vi har i stedet valgt ut en case bestående av håndplukkede stasjoner langs Hovedbanen (strekningen Oslo-Eidsvoll) som vi mener gjør det mulig å demonstrere den forventede variasjonen i støykostnadene. Utvalget er gjort etter en utredning av jernbanetrafikken i Norge, og gjort i samråd med Bane Nor og Jernbanedirektoratet. Utredningen som ligger til grunn for utvelgelsen er gjengitt i Vedlegg, Del 4 - Støy.

Når man benytter Nordisk metode for togstøy (Ringheim, 1996) deler man banen under analyse inn i flere elementer. Bane Nors trafikkgrunnlag deler Hovedbanen inn i 30 delstrekninger hvor trafikkmengden (målt i antall togmetere = meter per tog * antall avganger) om dagen (kl. 07-19), natten (kl. 19-23) og kvelden (kl. 23-07), samt gjennomsnittsfarten til gods- og persontog er rapportert. Vår analyse fokuserer på et underutvalg av disse, nemlig Bryn-Brobekk, Etterstad-Bryn, Fjellhamar-Strømmen, Hauer seter-Sand, Haugenstua-Høybråten, Høybråten-Lørenskog, Jessheim-Nordby, Kløfta-Asper, Lindeberg-Kløfta og Strømmen-Sagdalen. Bane Nor rapporterer antallet eksponerte boliger for hver av disse stasjonsparene. Figur 10.1 gjengir fordelingen av antall eksponerte bygninger.



Figur 10.1: Antall eksponerte boliger etter tettstedstype.

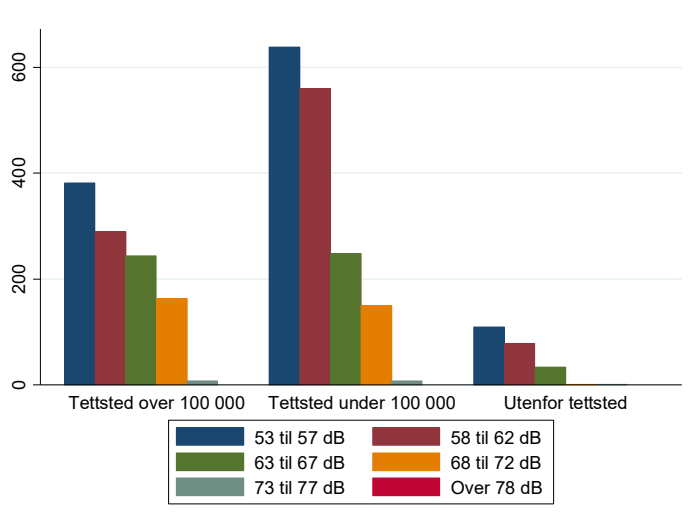
Datagrunnlaget gir også muligheten til å se fordelingen av bygningstyper.



Figur 10.2: Andelen høyhus etter tettstedstype.

Andelen eksponerte bygninger regnes videre om til antall eksponerte personer ved å benytte i) informasjon om gjennomsnittlig antall personer per husholdning fra SSBs kommunefakta og ii) antall boenheter per bygning. Antall boenheter er basert på tall rapportert av Bane Nor og som har sitt grunnlag i matrikkelen. For bygninger hvor antall boenheter ikke foreligger benyttes gjennomsnittlig antall boenheter innenfor hver *standard* for bygningstype (se <https://www.ssb.no/klass/klassifikasjoner/31> for en oversikt). Antall personer per bygning framkommer ved å multiplisere gjennomsnittlig antall personer per husholdning med antall boenheter per bygning. Til slutt aggregeres antall eksponerte personer per stasjonspar.

Å summere opp antall eksponerte per stasjonspar eller tettstedstype neglisjerer at hver av de ulike stasjonsparene har ulik avstand mellom seg. Hvis vi deler antall eksponerte personer per stasjonspar på antall kilometer toglinje finner vi antall eksponerte personer per kilometer jernbane; jf. Figur 10.3. Figuren viser tydelig at det er en stor forskjell mellom eksponeringen i tettsteder og utenfor tettsteder.



Figur 10.3: Antall eksponerte personer per kilometer jernbane. Etter tettstedstype.

Vi benytter Nordisk metode for støyberegning (Nord96) til å beregne tilleggsstøyen som en ekstra togavgang på henholdsvis dag og nattetid skaper, målt som endring i L_{den} . Vi vurderer en økning i avganger med persontogtypen bm72, samt diesel- og elektrisk godstog. Rent praktisk gjøres dette ved å legge til 100 meter persontog eller 400 meter godstog i trafikkgrunnet. Støybidraget ved en ekstra togavgang er da gitt ved:

$$\begin{aligned}\Delta L_{den} &= L_{den}(N_0 + 100) - L_{den}(N_0) \quad (\text{Persontog}) \\ \Delta L_{den} &= L_{den}(N_0 + 400) - L_{den}(N_0) \quad (\text{Godstog})\end{aligned}\quad (9)$$

I henhold til Ringheim (1996) regnes alle togmetere på dag, kveld og nattetid om til 24-timers ekvivalenter for å kunne beregne L_{eq} for disse periodene, for på bakgrunn av disse verdiene beregne L_{den} . Se Vedlegg, Del 4 - Støy for en oversikt over ulike mål som benyttes i analyser av støyeksponering.

Beregningen av endringen i støyemisjon beregnes i 7 oktavnånder (63Hz, 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz, 4000Hz). For hver tidspunkt (t =dag; kveld; natt), stasjonspar i , togtype j og oktavnånder k beregnes lydnivået ved:

$$L_{WOijk} = a_{jk} \log(v_{ij} / 100) + \log(l_{24ij}) + b_{jk} \quad (10)$$

Hvor a og b er parametere som er unike for hver enkelt togtype (på Hovedbanen benyttes persontog av modellene BM69, BM70, BM71, BM72, BM74/75, EL18 og X2000 (SJ), samt godstog drevet av diesel og elektrisitet²⁹), v angir farten mens l_{24} angir antall meter tog som passerer i en 24 timers periode. Nord 96 antar at antall togmeter fordeles jevnt utover døgnet i beregningen av lydnivået.

Etter å ha beregnet lydnivået knyttet til hver enkelt togtype i henhold til (10) finner vi det samlede lydnivået i hvert oktavnånder ved å summere over de ulike togtypene:

$$L_{WOik} = 10 \log \left(\sum_{j=1}^J 10^{\frac{L_{WOijk}}{10}} \right) \quad (11)$$

Deretter A-vektes lydnivået. Dette betyr at vi gjør følgende justeringer

$$L_{AWOik} = L_{WOik} + A_k \quad (12)$$

hvor

$$\begin{aligned}A_{63} &: -26,2 \text{ dB} \\ A_{125} &: -16,1 \text{ dB} \\ A_{250} &: -8,6 \text{ dB} \\ A_{500} &: -3,2 \text{ dB}\end{aligned}$$

²⁹ I tråd med Bane Nors praksis antar vi at alle avganger hvor togmodellen er ukjent er gjort av togtype BM72 som er den typen materiell som har mest utstrakt bruk på Hovedbanen.

A_{1000} : 0 dB
 A_{2000} : 1,2 dB
 A_{4000} : 1 dB

Videre kan ekvivalent støy beregnes ved å summere opp støyen over alle oktavbåndene:

$$L_{Aeq24ti} = 10 \log \left(\sum_{k=1}^K 10^{\frac{L_{AWOk}}{10}} \right) \quad (13)$$

På bakgrunn av denne informasjonen kan vi beregne støymålet L_{den} :

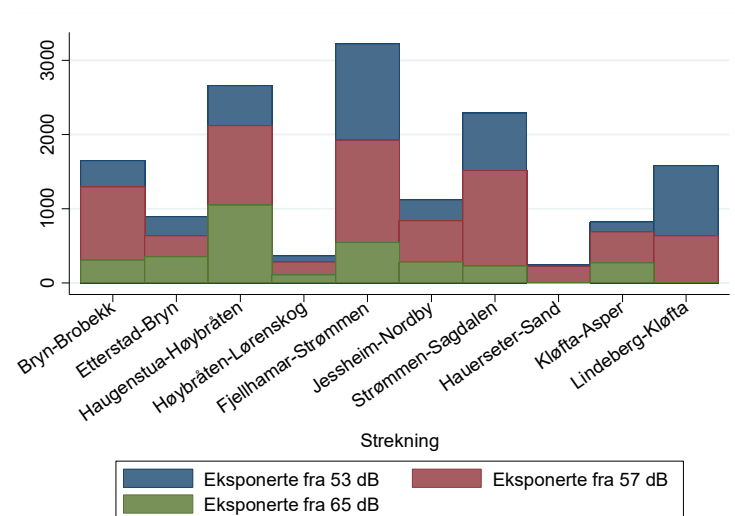
$$L_{den,i} = 10 \log \left(\frac{12}{24} 10^{\frac{L_{Aeqdag,i}}{10}} + \frac{4}{24} 10^{\frac{L_{Aeqkveld,i}+5}{10}} + \frac{12}{24} 10^{\frac{L_{Aeqnatt,i}+10}{10}} \right) \quad (14)$$

L_{den} skiller seg fra det ekvivalente støynivået per døgn $L_{Aeq,24}$ ved at det gis et tillegg på 5 dB for støy på kveldstid og 10 dB for støy på natten.

Vi bemerker at våre beregninger måler endringer i basisverdier for togstøy. I støykartlegginger benyttes en rekke korreksjoner av disse basisverdiene (eks. for støyskjerming) før et støytall for en gitt lokasjon rapporteres. Det er viktig å merke seg at alle korreksjonene er additive, dvs. at de legges til eller trekkes fra basisverdien. Siden vi kun er interessert i endringen i støy ved en endring i trafikk – noe som ikke påvirker korreksjonene – er det ikke behov for å ta hensyn til korreksjoner i våre beregninger.

10.1 Resultater

Vi gjengir resultatene av vår undersøkelse om jernbanestøy. Først rapporteres antall eksponerte personer:



Figur 10.4: Antall eksponerte personer per banestrekning.

Tabell 10.1: Antall eksponerte personer per banestrekning.

Stasjon	53-56dB	57-64dB	65dB+	Totalt over 53 dB
Bryn-Brobekk	356	986	305	1647
Etterstad-Bryn	257	279	354	891
Haugenstua-Høybråten	539	1077	1045	2661
Høybråten-Lørensk	85	172	109	366
Fjellhamar-Strømmen	1296	1382	542	3221
Jessheim-Nordby	280	554	283	1118
Strømmen-Sagdalen	777	1288	225	2291
Hauerseter-Sand	16	216	5	237
Kløfta-Asper	133	421	268	822
Lindeberg-Kløfta	949	628	5	1582

Tabell 10.1 gjengir støyendringen som det marginale gods- og persontoget skaper på de lenkene vi studerer. Vi bemerker at vår studie ikke gir noe grunnlag til å differensiere mellom støybidragene til dieseltog og elektriske tog. Dette skyldes at det ikke opereres dieselpersontog på Hovedbanen og at de marginale støybidragene fra godstog drevet av diesel og strøm er tilnærmet identiske. Bane nor kommenterer at forskjeller mellom diesel og godstog i første omgang vil gjøre seg gjeldende ved hastigheter under 30-40 km/t, men at lyd fra grensesnittet hjul-skinne dominerer ved høyere hastigheter. Den beste dokumentasjonen av forskjeller mellom el- og dieseltog er gitt av de innebygde togtypene i Nord96, som legger ulike støyprofiler til grunn for el- og dieseldrevet materiell. Beregningene som understøtter modellen begynner å bli gamle og bør oppdateres for å få et riktigere bilde av de ulike togenes støybidrag.

Tabell 10.2: Marginal togstøy ved en ekstra avgang i døgnet.

ID	Tettsted	Marginalstøy fra hovedbanen (Endring i L_{den})			
		Persontog dag	Persontog natt	Godstog dag	Godstog natt
Bryn-Brobekk	Tettsted over 100 000	0,0060	0,0593	0,0398	0,3828
Etterstad-Bryn	Tettsted over 100 000	0,0053	0,0532	0,0589	0,5562
Haugenstua-Høybråten	Tettsted over 100 000	0,0037	0,0372	0,0285	0,2770
Høybråten-Lørenskog	Tettsted over 100 000	0,0036	0,0355	0,0273	0,2651
Fjellhamar-Strømmen	Tettsted under 100 000	0,0040	0,0404	0,0249	0,2430
Jessheim-Nordby	Tettsted under 100 000	0,0140	0,1382	0,0814	0,7521
Strømmen-Sagdalen	Tettsted under 100 000	0,0031	0,0305	0,0328	0,3178
Hauerseter-Sand	Utenfor tettsted	0,0141	0,1390	0,0818	0,7558
Kløfta-Asper	Utenfor tettsted	0,0124	0,1226	0,0721	0,6723
Lindeberg-Kløfta	Utenfor tettsted	0,0122	0,1208	0,0723	0,6736

Tabell 10.2 viser at de samlede samfunnsøkonomiske kostnadene ved en ekstra togavgang varierer mellom 10 000 og 1 000 000 kroner. Det fremgår klart av tabellen at de samfunnsøkonomiske kostnadene er langt høyere for en ekstra togavgang på natten enn på dagen og godstog oppleves som mer sjenerende enn persontog.

Tabell 10.3: Årlige kostnader ved en marginal økning i årsgjennsnittstrafikk på dag- og nattestid.

ID	Tettsted	Persontog dag	Persontog natt	Godstog dag	Godstog natt
Bryn-Brobekk	Tettsted over 100 000	15277,10	151873,83	102120,73	981117,77
Etterstad-Bryn	Tettsted over 100 000	6755,14	67336,32	74559,50	703660,07
Haugenstua-Høybråten	Tettsted over 100 000	19071,70	190052,33	145722,12	1416316,78
Høybråten-Lørenskog	Tettsted over 100 000	2390,90	23801,89	18256,60	177556,47
Fjellhamar-Strømmen	Tettsted under 100 000	19056,02	190183,75	117253,32	1143596,28
Jessheim-Nordby	Tettsted under 100 000	27876,91	274656,10	161638,38	1494365,21
Strømmen-Sagdalen	Tettsted under 100 000	10879,43	108509,88	116758,34	1129896,46
Hauerseier-Sand	Utenfor tettsted	6765,75	66683,43	39246,15	362682,60
Kløfta-Asper	Utenfor tettsted	20146,13	198930,91	116967,61	1090567,67
Lindeberg-Kløfta	Utenfor tettsted	19896,02	196408,17	117458,04	1094882,50

Som for vegtrafikk kan vi normalisere de samlede årlige kostnadene slik at de rapporteres som årlige kostnader per kilometer ved å dele på lengden på lenken ganget med 365 dager i året (noe som fordrer at de marginale kostnadene tilskrives det marginale toget). Vi antar at gjennomsnittslengden på persontog er 100 meter og godstogene er 400 m. Vi kan da regne om fra togmetere til frekvens. Ved å multiplisere frekvens med lengden på hver stasjonspar (i km) finner vi trafikkarbeidet. Vi kan da beregne marginale skadekostnader per togkilometer. Dette gir følgende resultater per togkilometer:

Tabell 10.4: Marginale støykostnader per togkilometer.

ID	Tettsted	Persontog dag	Persontog natt	Godstog dag	Godstog natt
Bryn-Brobekk	Tettsted over 100 000	21,35	212,29	142,75	1371,43
Etterstad-Bryn	Tettsted over 100 000	15,34	152,89	169,29	1597,65
Haugenstua-Høybråten	Tettsted over 100 000	52,25	520,69	399,24	3880,32
Høybråten-Lørenskog	Tettsted over 100 000	6,87	68,35	52,43	509,91
Fjellhamar-Strømmen	Tettsted under 100 000	34,58	345,07	212,74	2074,93
Jessheim-Nordby	Tettsted under 100 000	50,92	501,65	295,23	2729,43
Strømmen-Sagdalen	Tettsted under 100 000	26,61	265,44	285,61	2763,93
Hauerseier-Sand	Utenfor tettsted	4,85	47,83	28,15	260,12
Kløfta-Asper	Utenfor tettsted	14,12	139,39	81,96	764,16
Lindeberg-Kløfta	Utenfor tettsted	13,30	131,25	78,49	731,63

Vi sammenstiller nå kostnadene på tettstedsklasser. Hvis vi vekter med antall eksponerte per banestrekning får vi følgende beregning av marginale kostnader per tettstedsklasse:

Tabell 10.5: Marginale kostnader per tettstedskategori (2019 NOK)

MC per område	Persontog dag	Persontog natt	Godstog dag	Godstog natt
Tettsted over 100 000	34,21	340,76	263,69	2550,50
Tettsted under 100 000	34,58	343,95	251,83	2423,37
Utenfor tettsted	12,79	126,31	75,06	699,52

10.2 Generalisering av resultatene

De foregående resultatene viser en veldig stor forskjell i eksterne kostnader for bane og vegtransport. En sentral del av denne forskjellen kan tilskrives at studien av vegtransport

bygger på en mer variert analyse av antall eksponerte per vegkilometer, mens jernbaneanalysen bygger på en case-studie i et delvis tett befolket område. Dette fremgår tydelig dersom vi sammenlikner antall personer eksponert for støy over 50 og 55 desibel per km jernbane i vår case-studie med tallene fra [Statistisk Sentralbyrås kartlegging av jernbanestøy](#). For å konvertere til eksponerte per kilometer benytter vi totale banelengder til regulær trafikk fra [Bane nors nøkkeltall](#).

Tabell 10.6: Sammenlikning av antall eksponerte i TØIs og SSBs studier.

	Over 50 dB	Over 55 dB
SSBs studie	34	16
TØIs studie (Hovedbanen)	829	599
Forholdet [(i)/(ii)]	0,04	0,03

Antall eksponerte per kilometer bane fra SSBs studie er langt mer sammenliknbart med antall eksponerte per kilometer veg fra kapittel 10. For å gi kunne gi et generelt anslag på kostnader per kilometer foreslår vi å justere kostnadene fra kapittel 11.1 med en faktor på 0.035, som er tilnærmet differansen mellom SSBs og TØIs beregninger. De justerte kostnadene er

Tabell 10.7: Generaliserte marginale kostnader per tettstedskategori (2019 NOK)

MC per område	Persontog dag	Persontog natt	Godstog dag	Godstog natt
Tettsted over 100 000	1,20	11,93	9,23	89,27
Tettsted under 100 000	1,21	12,04	8,81	84,82
Utenfor tettsted	0,45	4,42	2,63	24,48

Referanser, Del 4 - Støy

- Aasvang, G. M., & Krog, N. H. (2018). *Kvantifisering av helsevirkninger knyttet til transportstøy*. Retrieved from Oslo:
- Andersson, H., & Ögren, M. (2013). Charging the polluters: A pricing model for road and railway noise. *Journal of Transport Economics and Policy (JTPEP)*, 47(3), 313-333.
- Andersson, H., & Ögren, M. (2007). Noise charges in railway infrastructure: A pricing schedule based on the marginal cost principle. *Transport Policy*, 14(3), 204-213.
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.01.002>
- Arsenio, E., Bristow, A. L., & Wardman, M. (2006). Stated choice valuations of traffic related noise. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 11(1), 15-31.
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2005.07.001>
- Basner, M., & McGuire, S. (2018). WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Effects on Sleep. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(3), 45. doi:10.3390/ijerph15030519
- Brink, M., Schäffer, B., Pieren, R., & Wunderli, J. M. (2018). Conversion between noise exposure indicators Leq24h, LDay, LEvening, LNight, Ldn and Lden: Principles and practical guidance. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 221(1), 54-63.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.10.003>
- Campbell, J. M. (1983). Ambient stressors. *Environment and Behaviour*, 15(3), 355-380.
- Fidell, S. (2003). The Schultz curve 25 years later: A research perspective. *Journal of the Acoustical Society of America*, 114(6), 3007-3015.
- Fyhri, A., & Klæboe, R. (2009). Road traffic noise, sensitivity, annoyance and self-reported health- A structural equation model exercise. *Environment International*, 35(1), 91-97.
doi:10.1016/j.envint.2008.08.006
- Gakidou, E., Afshin, A., Abajobir, A. A., Abate, K. H., Abbafati, C., Abbas, K. M., . . . Murray, C. J. L. (2017). Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet*, 390(10100), 1345-1422. doi:[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32366-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32366-8)
- Guski, R., Schreckenber, D., & Schuemer, R. (2017). WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(12).
doi:10.3390/ijerph14121539
- Klæboe, R. (2011). Noise and Health: Annoyance and Interference. In J. O. Nriagu (Ed.), *Encyclopedia of Environmental Health* (pp. 152-163). Burlington: Elsevier.
- Klæboe, R., Veisten, K., & Amundsen, A. H. (2016). *Kampflybase Ørland – støyisolering av bolig. Prinsipper for nyttekostnadsanalyser og verdsetting av støyreduksjoner*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Magnussen, K., Navrud, S., & San Martin, O. (2010). *Den norske verdsettingsstudien: Verdsetting av tid, sikkerhet og miljø i transportsektoren: Støy*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.

- Miedema, H. M. E. (2002). *Position Paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance*. Retrieved from Luxembourg: I:\FELLES\Litteratur\RM PDF\EU-position noise.pdf
- Miedema, H. M. E., & Oudshoorn, C. G. M. (2001). Annoyance from transportation noise: Relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environmental Health Perspectives*, 109(4), 409-416.
- Ringheim, M. (1996). *Railway traffic noise - Nordic prediction method*. Copenhagen, Denmark: Nordic Council of Ministers.
- Schultz, T. J. (1979). COMMUNITY ANNOYANCE WITH TRANSPORTATION NOISE. *ASTM Special Technical Publication*(692), 87-107.
- Thune-Larsen, H., Veisten, K., Rødseth, K. L., & Klæboe, R. (2014). *Eksterne kostnader ved vegtrafikk*. Retrieved from Oslo:
- Thune-Larsen, H., Veisten, K., Rødseth, K. L., & Klæboe, R. (2014). *Marginale eksterne kostnader ved vegtrafikk Med reviderte ulykkeskostnader*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Ursin, H., & Eriksen, H. R. (2001). Sensitization, subjective health complaints, and sustained arousal. *Role of Neural Plasticity in Chemical Intolerance*, 933, 119-129.
- Ursin, H., & Eriksen, H. R. (2010). Cognitive activation theory of stress (CATS). *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 34(6), 877-881. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.03.001>
- van Kempen, E., Casas, M., Pershagen, G., & Foraster, M. (2018). WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardiovascular and Metabolic Effects: A Summary. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(2), 379.
- Öhrström, E., Skånberg, A., Svensson, H., & Gunnarsson, A. (2006). Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness. *Journal of Sound and Vibration*, 295(1-2), 40-59.
- Øverland, S., Knudsen, A. K., Vollset, S. E., Kinge, J. M., Skirbekk, V., & Tollånes, M. C. (2018). *Sykdomsbyrden i Norge 2016*
- Resultater fra Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors Study 2016 (GBD 2016)*. Retrieved from Oslo:

Vedlegg, Del 4 - Støy

V1.1 Mål på støy

En lydkilde, eksempelvis et kjøretøy, utstråler akustisk kraft som resulterer i et lydtrykk. Energien som utløses benevnes som lydintensitet og angis i Watt per kvadratmeter (W/m^2). Dette innebærer at jo større flate (område) lyden brer seg over, dess svakere blir den. Lyden avtar med andre ord med avstand fra lydkilden.

En utfordring med lydintensitet er dens målestokk: Spennet mellom den laveste lyden hørselen kan oppfatte og den høyeste før hørselsskade inntreffer er 10^{-12} til 1. De fleste lyder man hører i hverdagen er på under $0.1 \text{ W}/\text{m}^2$. Derfor er det vanlig å angi lydstyrke med en logaritmisk skala kalt desibelskalaen. Denne defineres:

$$L = 10 \log \left(\frac{i}{10^{-12}} \right) \quad (15)$$

hvor i er lydintensiteten til en gitt hendelse og L er den tilsvarende desibelverdien. Merk at desibelverdien måles relativt til grensen til den menneskelige hørsel, noe som betyr at L er null dersom $i = 10^{-12}$, større enn null dersom $i > 10^{-12}$ og mindre enn null dersom $i < 10^{-12}$.

Vi skiller mellom energien i lyden som stråles ut (emitteres) og immisjonsverdien lydenergiene som mottas. Når vi ser på støy og helsevirkninger er vi opptatt av lydnivået som folk utsettes for fra flere kilder/strekningene og eksponeringen framkommer da som en logsum av de relevante immisjonsverdiene fra hver av lydbidragene.

For å finne fram til lydnivået som folk blir utsatt for tar man utgangspunkt i lydnivået som stråles ut mot mottakerpunkt i et punkt beregnet 10 meter fra vegens midtstripe. For punkter som kun utsettes for denne ene støykilden og som befinner seg lenger unna enn 10 meter, egner man at støyen dempes med 3 dB per dobling av distansen når det er en linjekilde, og med 6 dB når det er en punktkilde.

For beregning av marginale støykostnader Vi bruker oftest den ekvivalente støyen L_{eq} over det aktuelle tidsrommet ved mottakspunktene for påvirkningen eksempelvis $L_{eq, 8t}$. Da finner man ut det konstante støynivået som i samme tidsrom (i eksempelet over 8 timer) inneholder samme energi som den varierende støyen. Vanligvis bruker mottakspunkt på mest eksponerte fasade, selv om det ideelle for søvnproblematikk er støynivå utenfor soveromsvindu.

Ut fra ønsket om å finne støyindikatorer som samsvarer med de menneskelige reaksjonene er det dumt å ta med energien fra trafikkstøyen i de høyeste frekvensene som selv ikke unge mennesker oppfatter, og de lave frekvensene som vi hører dårlig. Oftest brukes

derfor A-veiling hvor energien i de nedre og øvre delene av frekvensspekteret ikke teller like mye som de midlere frekvensene vi hører best³⁰.

Støy forstyrrer ulike aktiviteter på ulike tidspunkter på døgnet. Vi ser oftest på støynivået ved bolig, ettersom vi oppholder oss oftest hjemme. Ideelt sett burde også støybelastningen til og fra jobb og andre steder, og støybelastningen ved disse destinasjonene inngå i regnestykkene. Internasjonalt oppfattes støybelastning på kvelds og nattetid som mer belastende enn på dagtid. Dette har både sammenheng med at dette er perioder folk oppholder seg i bolig, og at det er tidsperioder en ønsker å beskytte. Dette bakes inn i støybelastningsmålet ved at man regner støy som kommer på kvelden som 5 dB verre enn den som kommer på dagen, og støy som kommer på natten som 10 dB verre enn den som kommer på dagen. Bidragene summeres som et vektet gjennomsnitt som kalles L_{den} :

$$L_{den} = 10 \log \left(\frac{12}{24} 10^{\frac{L_{Aeq,dag}}{10}} + \frac{4}{24} 10^{\frac{L_{Aeq,kveld}+5}{10}} + \frac{12}{24} 10^{\frac{L_{Aeq,natt}+10}{10}} \right) \quad (16)$$

V1.2 Utvelgelse av stasjonspar til analyse av marginale eksterne støykostnader

Bane Nor har produsert data om togtrafikken i 2016 til beregning av togstøy. Dataen er angitt i antall togmeter per togtype (antall avganger*lengden per tog), og fordelt på dag, natt og kveld. Hver bane er inndelt i ett eller flere stasjonspar som støyen beregnes for. Eksempelvis er Gjøvikbanen delt inn i nærmere 30 stasjonspar.

Utgangspunktet for TØI's analyse av marginale støykostnader er at Bane Nor kan sammenstille antall utsatte per utvalgte stasjonspar i banenettet. Det gjør det mulig å beregne den marginale togstøyen ved ett ekstra tog mellom de utvalgte stasjonene med bakgrunn i Nord 96 (TØI har implementert denne i Stata) og Bane Nors datagrunnlag. Ved å kople opp mot antall utsatte langs de utvalgte strekningene (stasjonsparene) kan man da anslå marginal skade av en ekstra togavgang i tråd med Andersson og Ögren's metodikk.

Den viktigste begrensningen er at jobben med å beregne antall utsatte per stasjonspar ikke kan bli for omfattende. Dette har hverken Bane Nor eller TØI kapasitet til. Spørsmålet er altså: Hvilke stasjonspar skal vi velge ut som best viser variasjonen i de marginale støykostnadene knyttet til jernbanetransport?

Regler for valg av case

Jernbanedirektoratet har kommet med sine innspill til valg av case. Det er ønskelig at baner hvor det er potensiale for godsoverføring velges.

Det er hovedrelasjonene for kombitog som er mest relevante med tanke på godsoverføring:

- Alnabru – Trondheim (Brattøra): Kjører Hovedbanen og Dovrebanen

³⁰ For transportstøy som er langt kraftigere enn lyder man knapt kan høre, er det strengt tatt ikke «riktig» å bruke A-veiling. Likevel brukes A-veiling og ikke B eller C veiling og A-veiling brukes derfor når man angir grenseverdier og forskrifter. En ulempe er at en da ikke tar så mye hensyn til lyder i bassområdet som man kanskje burde, og det kan derfor være aktuelt i tillegg å se bruke forskjellen mellom lydnivået når en bruker C-veiling og A-veiling ($L_{Ceq} - L_{Aeq}$) som en indikator på bassinnholdet.

- Alnabru – Bergen (Nygårdstangen): de fleste av disse togene kjører over Gjøvikbanen til Roa, Roa-Hønefoss og Bergensbanen
- Alnabru – Stavanger (Ganddal): Drammenbanen og Sørlandsbanen

For persontrafikken er det svært aktuelt med nye analyser av IC-strekningene, der det er en del grenseflater mot personbil. F.eks. mellom Moss og Oslo. Direktoratet peker også på at volumet av togtrafikk på banen må vektlegges.

TØI mener at det er viktigere å synliggjøre variasjonen i kostnadene heller enn å fokusere på spesifikke og potensielt lite overførbare case. Vi har foreslått fire kriterier for valg av case (stasjonspar):

- Befolkningstetthet (Rural, Små tettsteder, Store tettsteder)
- Togvolum (lite, medium og mye relativt til landsgjennomsnittet)
- Type tog (gods/person)
- Fart tog (lav/ høy)

Utvelgelse basert på TØIs kriterier: Volumet av togtrafikken

For å kunne si noe mer om aktuelle case har TØI satt sammen hele datagrunnlaget til Bane Nor til ett stort datasett, for å se på gjennomsnittlig nasjonal togtrafikk og per bane. Målet er å finne en eller flere baner som representerer gjennomsnittet og variasjonen rundt denne. Figurene nedenfor viser gjennomsnittet for alle baner og +/- ett standardavvik (dekker ca. 68 % av datapunktene i en normalfordeling), samt min/maks og gjennomsnitt per bane. De viser total trafikk for hver bane, samt fordelingen for gods og persontrafikken.

Det er noen klare uteliggere i datamaterialet: Drammensbanen og Gardermobanen for persontransport og Ofotbanen og til en viss grad Hovedbanen for godstransport. Ofotbanen virker irrelevant med tanke på at strekningen stort sett er ubebodd. Derimot går Drammen-, Gardemo- og Hovedbanen gjennom til dels svært tett befolkede områder.

På bakgrunn av Direktoratets anbefalinger beskrevet over er det spesielt de følgende banene vi konsentrerer oss om:

- Hovedbanen
- Drammensbanen
- Gjøvikbanen
- Bergensbanen
- Dovrebanen
- Sørlandsbanen
- Østfoldbanen (Vestfoldbanen)

Hovedbanen ligger noe over landsgjennomsnittet mht. total togtrafikk, og har et over gjennomsnittet godsvolum.

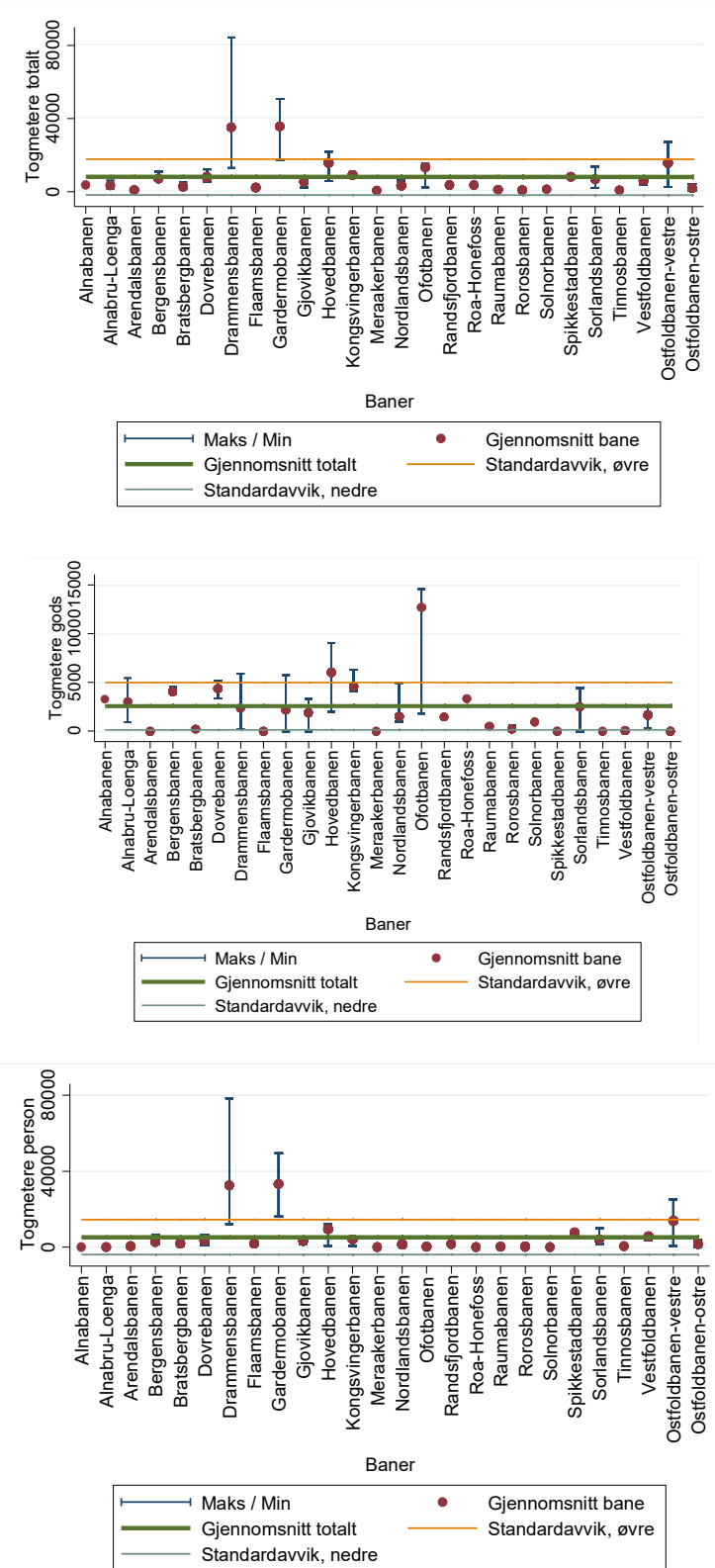
Drammensbanen har den største togtrafikken i landet målt i antall togmetere, hvorav persontrafikken er dominerende.

Gjøvikbanen ligger i stor grad på landsgjennomsnittet, både når det gjelder samlet trafikk, person og gods. Dersom vi ønsker et sett av middelveier kan denne fungere som en god case.

Bergensbanen og *Dovrebanen* ligger også på landsgjennomsnittet, om enn med noe høyere godstrafikk enn landsgjennomsnittet (men innenfor 1 standardavvik).

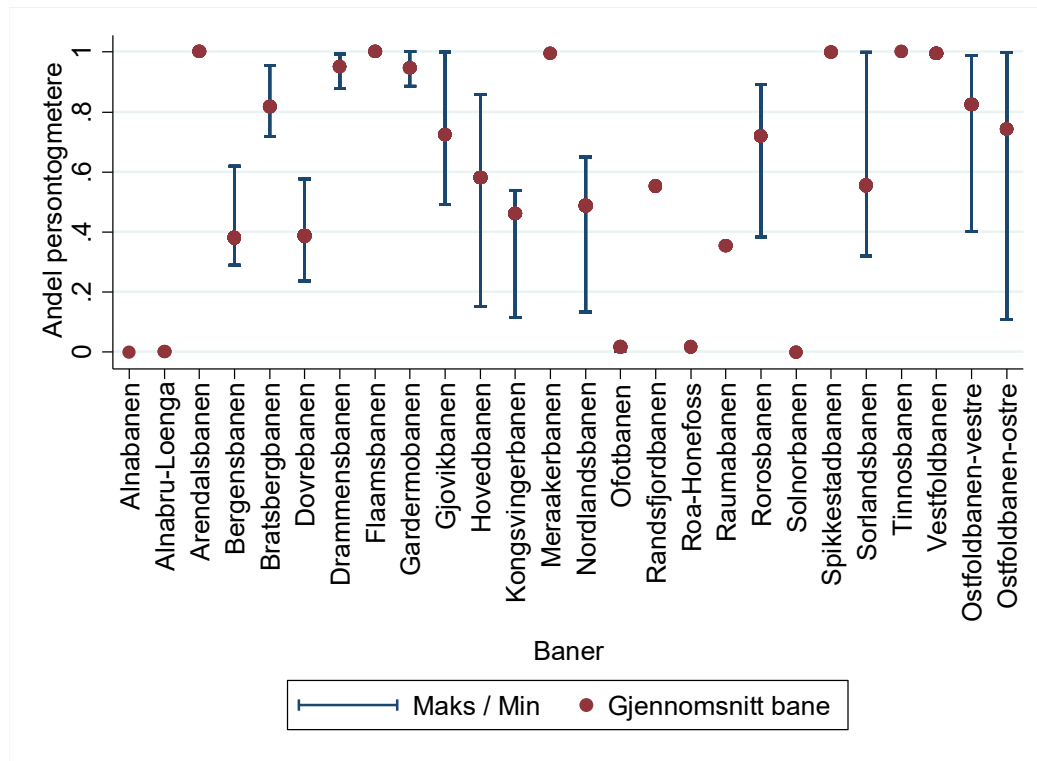
Sørlandsbanen ligger på landsgjennomsnittet, men har noe mer variasjon i godstrafikken.

Østfoldbanens totale trafikk ligger noe over landsgjennomsnittet, hovedsakelig grunnet persontrafikken.



Fordelingen av person og godstrafikk

Så langt har vi sett på trafikkvolumene (i antall togmeter). Det vil også være av relevans om banen domineres av person eller godstog, da godstogene typisk har et større støybidrag. Figuren nedenfor viser persontogandeler (av totalt antall togmeter) for hver enkelt bane



Basert på gjennomsnittene kan vi vurdere at

- *Hovedbanen*, *Bergensbanen* og *Dovrebanen* har relativ lik fordeling mellom gods og persontogmeter
- *Ostfoldbanen*, *Drammensbanen* og i noen grad *Gjøvikbanen* har overvekt av persontrafikk.
- Vestfoldbanen* (IC) har utelukkende persontrafikk

Anbefalinger

Hvis vi legger følgende kriterier til grunn:

- i. Banen skal ha en representativ trafikkmengde (med variasjon rundt landsgjennomsnittet)
- ii. Banen skal i varierende grad ha blandet trafikk
- iii. Banen skal gi mulighet for å klassifisere stasjonsparene i store tettsteder, mindre tettsteder og ruralt

så fremstår *Hovedbanen* som en relevant case. Denne dekker også kriteriet om relevans for overføring av både gods og person. Banen har større variasjon enn *Gjøvikbanen* hva gjelder variasjon mellom tett og spredt bebyggelse. Vi gir en oversikt over totale togmeter, personandel, (grovt anslått) tett/spredtbygd strøk og fart.

Tabell V1.1: Beskrivelse av stasjonsparene langs Hovedbanen

Stasjonspar	Togmeter	Personandel	Tettsted	Fart persontog	Fart godstog
Dal–Varud	5281,134	0,1578945		118	88
Varud–Bøn	5472,131	0,1523835		109	90
Bøn–Eidsvoll	5506,473	0,1544318		90	83
Sand–Dal	12768,23	0,6349717		119	88
Hauer seter–Sand	12806,82	0,635452		130	90
Jessheim–Nordby	12849,24	0,6344507	Mellomstort	130	90
Nordby–Hauer seter	12850,51	0,6343881		130	90
Langeland–Jessheim	12854,01	0,6353284	Mellomstort	129	90
Lindeberg–Kløfta	13818,1	0,5911514		129	90
Frogner–Lindeberg	13819,75	0,5910808		107	90
Leirsund–Frogner	13820,23	0,5910847		88	84
Asper–Langeland	13821,24	0,5921052		130	90
Lillestrøm N–Leirsund	13821,79	0,5910179	Mellomstort	80	80
Lillestrøm–Lillestrøm N	13821,86	0,591015	Mellomstort	80	80
Kløfta–Asper	13832,85	0,5915872		130	90
Alna–Aker	14299,08	0,8582755	Stort	130	90
Brobekk–Alna	14396,24	0,8524827	Stort	86	67
Oslo S–Bryn	16394,68	0,725336	Stort	86	72
Aker–Nyland	16564,78	0,7409144	Stort	130	90
Bryn–Brobekk	16790,1	0,72754	Stort	119	86
Strømmen–Sagdalen	21047,24	0,5818357		96	86
Sagdalen–Lillestrøm	21291,55	0,5731019	Mellomstort	80	80
Nyland–Grorud	21298,8	0,5762402	Stort	116	90
Grorud–Haugenstua	21353,01	0,5745857	Stort	100	90
Lørenskog–Hanaborg	21357,06	0,5739343		123	90
Hanaborg–Fjellhamar	21357,62	0,5739194		130	90
Haugenstua–Høybråten	21361,89	0,5738403		115	90
Høybråten–Lørenskog	21362,49	0,5738241		115	90
Fjellhamar–Strømmen	21368,22	0,5736345		127	90
Fjellhamar–Strømmen	21368,22	0,5736345		118	88

DEL 5

DRIFT OG VEDLIKEHOLD

11 **Infrastrukturkostnader**

Dette kapitlet tar for seg hvordan endringer i trafikk bidrar til økte infrastrukturkostnader. Hovedfokuset er på drift- og vedlikeholdskostnader knyttet til transport på veg og bane. For sjøtransporten diskuterer vi også kostnader knyttet til los og isbryting.

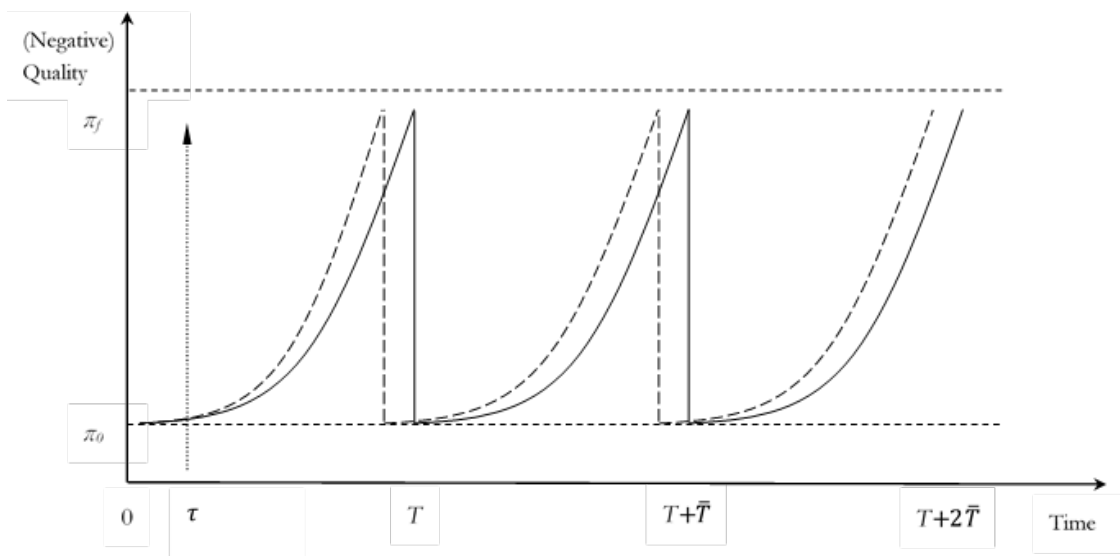
Det har ikke vært mulig å etablere et datagrunnlag til å gjennomføre egne studier av drift og vedlikehold i Norge. De beregninger som presenteres bygger derfor på en omfattende studie gjort av Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI) i Sverige. Beregningen i den svenske studien er tilpasset slik at de i størst mulig grad skal reflektere norske forhold. Kapittel 2 beskriver infrastrukturkostnader knyttet til vegtransport mens infrastrukturkostnader knyttet til transport på jernbane er beskrevet i kapittel 3. Kapittel 14 gir en drøfting av infrastrukturkostnader ved sjøtransport.

12 Kostnader ved vegtransport

Dette kapitlet dokumenterer beregninger og resultater knyttet til drift og vedlikehold av veier.

12.1 Bakgrunn

En veg brytes ned over tid, spesielt som følge av følge av trafikken som går på veien. I løpet av en periode fra tidspunkt 0 til tidspunkt T_0 er kvaliteten til vegdekket redusert så kritisk at det må legges ny asfalt for å få vegkvaliteten tilbake til dens opprinnelige standard. Så lenge trafikkmengden er i tråd med forventet trafikk vil dette tidsintervallet vedvare og det er ingen eksterne kostnader å snakke om. Dersom det derimot inntreffer en uventet økning i ÅDT (lik at faktisk ÅDT overstiger planlagt ÅDT) vil vi få en ny kritisk levealder T_1 hvor $T_1 < T_0$. Man må altså reinvestere i) *før* og ii) *oftere* enn planlagt. Det er (nåverdien) av denne tilleggskostnaden vi er ute etter å anslå. Mer presist spør vi om hvordan en *marginal øking* i ÅDT vil påvirke nåverdien av reinvesteringskostnadene. Figuren illustrerer prinsippet bak metoden:



12.2 Estimering av marginale reinvesteringskostnader

Beregningene av reinvesteringskostnadene tar utgangspunkt i en overlevelsesmodell (Weibullmodell) for å studere sammenhengen mellom trafikk og reinvesteringer. På grunn av forskjeller i belastning må vegtrafikken deles inn i lette og tunge kjøretøyer. Tunge kjøretøy regnes om til Equivalent Standard Axle Load (ESAL) med utgangspunkt i grove antakelser om vektfordelingen ut fra ulike vegtyper og lastebilandeler.

Modellen som beregnes er

$$\ln T = \ln Q_{car} \beta_{Q_{car}} + \ln Q_{ESAL} \beta_{Q_{ESAL}} + \beta_M M$$

hvor T er antall år mellom hver reinvestering (per vegstrekning i datasettet), Q angir ÅDT for lette og tunge kjøretøy (tunge angis ut fra akselvekt), mens M omfatter type asfalt (hot, cold, surface dressing) og region.

12.2.1 VTI's beregninger, beskrevet i Nilsson, m.fl. (2018)

Det har ikke vært mulig å gjøre beregninger basert på norske data i dette prosjektet. Det er derfor i stedet tatt utgangspunkt i svenske beregninger utført hos VTI i Sverige. Det er gjort rede for de detaljerte beregningene i Nilsson, m.fl. (2018).

VTI benytter et datasett fra Trafikverket for å beregne gjennomsnittlige kostnader ved reasfaltering. På grunnlag av 285 kontrakter i perioden 2012-2013 ble gjennomsnittlig kostnad til reasfaltering beregnet. Kostnadene deles inn etter asfalttype. Kostnaden varierer etter landsdel og asfalttype, men ble i gjennomsnitt beregnet til SEK 87/m² i prisenivå 2013

VTI benytter videre et datasett hentet fra Trafikverkets Pavement Management System (PMS) i 2012 til å beregne levealderen til vegdekket. PMS benyttes til å lagre vegkvalitetsmålinger, samt når en veg er blitt «behandlet» inklusiv tidspunktene for legging av ny asfalt. Datasettet inneholder observasjoner helt tilbake til 1960. PMS inneholder også informasjon om trafikken på hvert vegsegment. PMS inneholdt i 2012 hele 390 066 observasjoner hvorav 252 309 ble benyttet til analysen. Gjennomsnittlig levealder varierer med landsdel og asfalttype, men ble i gjennomsnitt beregnet til 17 år.

Beregningen av slitasjekostnader i Norge tar utgangspunkt i regneeksemplet i Nilsson, m.fl. (2018). Her beregnes gjennomsnittlig slitasjekostnad per km for hhv biler og ESAL³¹.

Marginalkostnaden beregnes i regneeksemplet litt forenklet slik:

$$MK_B = K * E_B * B * 0,975 / (17 * 365 * \text{ÅDT}_B)$$

Der:

MK_T er marginalkostnaden per km for hhv tunge biler (ESAL)

MK_L er marginalkostnaden per km for lette biler

K er kostnaden per kvadratmeter (SEK 87 i 2012-2013)³²

E_B er slitasjeelastisiteten (0,0888 for ESAL/tunge biler og 0,1036 for lette).

Slitasjeelastisiteten innebærer at slitasjekostnaden øker med 0,1036 prosent hvis trafikken med lette biler øker med 1 prosent mens den øker med 0,0888 prosent hvis trafikken med tunge biler øker med 1 prosent.

³¹ Dual Tyred Single Axle transmitting a load of 80kN (or 8.2 tonne) to the pavement.

³² Tilsvarende ca. NOK 77/kvm

B er gjennomsnittlig vegbredde (6,75 m i Sverige)

ÅDT_B er gjennomsnittlig ÅDT (125 for tunge biler og 2113 for lette)

For Sverige blir MK_T beregnet til SEK 0,066/ESAL km og MK_L til SEK 0,0052/km. Det innebærer at en lett bil i gjennomsnitt koster 0,52 øre/km i økt slitasje mens en tung bil koster 6,6 øre/km per hjulaksling med vekt på 8,2 tonn. En tung bil med 5 slike akslinger vil da koste 33 øre/km i slitasje.

12.2.2 Beregning for Norge

Basert på opplysninger fra SVV er det beregnet tilsvarende kostnadstall for Norge.

For Norge har vi fått en oversikt fra Statens Vegvesen (SVV) som viser kostnader ved tiltak "Slitelag" fra asfaltkontrakter 2014-2018. Asfaltkontraktene inneholder mange typer tiltak, alt fra flatelapping av mindre arealer, fresing for å fjerne spor, oppretting + slitelag og mer omfattende forsterkning i enkelte tilfeller.

Kostnadene beløp seg til totalt 10,1 milliarder kroner eks mva. SVV har beregnet at det tilsvarer 11,7 milliarder 2018-kroner fordelt med 4,7 milliarder på riksveier og 7,0 milliarder på fylkesveier. Oversikten over kostnader er fordelt på riks/fylkesveg, regioner og år i tabellen under.

Tabell 12.1: Asfaltkontrakter 2014-2018 eks mva. Mill kr (2018). Kilde SVV.

	Riksveg	Fylkesveg	SUM
Øst	1 189	2 088	3 277
Sør	759	1 537	2 296
Vest	839	1 011	1 850
Midt	741	1 317	2 059
Nord	1 133	1 051	2 184
Landet	4 661	7 005	11 666

Disse beløpene ble brukt til å asfaltere 15 000 kilometer veg i løpet av 5 år. Med en gjennomsnittlig vegbredde på 6,2 m ble det i årene 2014 – 2018 asfaltert 92 millioner kvadratmeter vei til en gjennomsnittskostnad på 126 kr/kvm i 2018-priser.

Tabell 12.2: Asfaltert areal og kostnad per kvadratmeter 2014-2018. Mill kr (2018). Kilde: SVV.

		Areal (km ²)	Kr/kvm	Vegbredde
Riksveg	Øst	8,8	135	5,9
	Sør	6,4	120	7,1
	Vest	7,4	113	6,3
	Midt	5,7	129	7,3
	Nord	7,2	156	6,7
	Landet	35,6	131	6,6
Fylkesveg	Øst	16,0	130	6,3
	Sør	13,0	119	6,0
	Vest	11,2	90	5,4
	Midt	10,6	124	6,2
	Nord	5,9	177	5,8
	Landet	56,7	123	6,0
Riks og fylkesveger		92,4	126,3	6,2

Konklusjonen blir en samlet kostnad på NOK 126/kvm regnet i 2018-kr. Det tilsvarer NOK 108,5/kvm i 2012-2013 priser. Beregnet kostnad i Sverige på SEK 87/kvm tilsvarer NOK 76,5/kvm med valutakursen i 2012-2013 (0,88 NOK/SEK). Det innebærer at beregnet kvadratmeterkostnad i Norge 2014-2018 ligger vel 40 prosent over beregnet kvadratmeterkostnad i Sverige 2012-2013 når en justerer for valutakursforskjellen i 2012-2013 og prisøkningen i Norge siden 2012-2013. Halvparten av kostnadsforskjellen kan forklare av at det generelle prisenivået i 2012 var ca. 20 prosent høyere i Norge enn i Sverige ifølge OECD³³. Utover dette avhenger kostnadene av forhold som valg av asfalttype, markedsforholdene i anleggssektoren og andre bransjespesifikke forhold.

Fordelt på riksveger og fylkesveger blir kvadratmeterprisen NOK 131 for riksveger og 123 for fylkesveger.

Data fra NVDB gir grunnlag for beregning av gjennomsnittlig ÅDT fordelt på europaveier, riksveier og fylkesveier.

Tabell 12.3: ÅDT 2017 etter veg- og biltype (over/under 5,7 m). Kilde: SVV.

	ÅDT 2017			ÅDT 2017	
	KM vei	Totalt	% lange	Korte	Lange
Europaveger	6917	6047	14	5 203	844
Riksveger	3869	3753	13	3 283	470
Riksvegnettet	10786	5224	14	4 514	710
ØST	10332	1378	9	1 255	123
SØR	8523	1489	8	1 368	121
VEST	8502	1233	9	1 126	107
MIDT	9370	894	9	811	83
NORD	9291	489	10	440	49
FYLKESVEIER	46018	1094	9	997	97
NORGE	56805	1878	11	1 665	213

Beregningen av kostnader følger metodikken fra Sverige. Vi har lite belegg for å anta at beregninger av slitaskostnader for Sverige kan overføres på Norge, men inntil SVV finner det hensiktsmessig å systematisere data på et detaljnivå som gir grunnlag for egne analyser, foreligger det ikke andre tilnæringsmåter enn å legge analyser fra andre land til grunn. Analyser av svenske data er da det mest nærliggende å ta utgangspunkt i.

Vi kan enten beregne kostnader for riks- og fylkesveier hver for seg eller samlet. I tabellen under fremgår resultatet av beregningene for Norge.

Tabell 12.4: Anslått marginalkostnad per km i Norge basert på svensk regneeksempel. Norske øre/km (2018).

Regneeksempel Norge 2014-2018	Bil<5,7 m	ESAL
Riksveg	0,3	1,8
Fylkesveg	1,3	11,5
Riks og fylkesvei	0,9	5,6

Resultatet er en km-kostnad på 0,9 øre/km for personbil og 5,6 øre/ESAL-km når vi ser hele Norge under ett. Dette er noe høyere for personbil og noe lavere for ESAL enn i det svenske regneeksempel.

³³ <https://data.oecd.org/price/price-level-indices.htm>

Samtidig er resultatet langt lavere enn de svenske detaljerte beregningene, der marginalkostnadene er basert på 477 262 observasjoner. Her er marginalkostnaden beregnet for hver enkelt veglenke og vektet etter lenkelengde som grunnlag for gjennomsnittlig marginalkostnad. Denne metodikken forutsetter tilgang til langt mer detaljerte data enn TØI har fått.

I Sverige er den detaljerte kalkulerte marginalkostnaden 5,8 ganger så høy som i regneeksemplet for personbiler og 4,1 ganger så høy for ESAL. Dette er illustrert i neste tabell, der gjennomsnittlig marginalkostnaden ender på 3 øre/km for personbil og 27 øre/ESAL-km i Sverige.

Tabell 12.5: Anslått marginalkostnad per km i Sverige. Svenske øre/km (2012-13).

	Personbil	ESAL
Regneeksempel 2012-13	0,5	6,6
Detaljert resultat Sverige 2012-13	3,0	27,0
Forhold detaljert beregning/eksempel	5,8	4,1

Siden vi helt mangler på mulighet for å gjennomføre detaljerte beregninger for Norge legger vi til grunn den samme oppjusteringen fra regneeksemplet som i Sverige. Vi får da beregnede marginalkostnader på 5,2 øre/km for personbil og 22,8 øre/ESAL-km. (Alternativ 1).

Resultatet kan best sammenlignes med det som er det mest nærliggende alternativet tatt i betraktning vår tilgang til data, som er å oppjustere de svenske detaljert beregnede marginalkostnadene med forholdet mellom norsk og svensk kvadratmeterpris (126 NOK/kvadratmeter sammenlignet med 87 SEK/kvadratmeter). Det gir en marginalkostnad på 4,3 øre/km for personbil og 39,1 øre/ESAL-km (Alternativ 2).

Personbiler sliter i første rekke på veiene på grunn av bruk av piggdekk på vinteren. I Sverige kjørte ca. 68 prosent av bilistene med piggdekk vinterene 2010 og 2013³⁴. I Stockholm var andelen piggdekk 64 prosent i 2010 og 60 prosent i 2013.

I Norge viser Statens Vegvesens undersøkelser av piggdekkbruk at andelen bilister som kjørte på piggdekk vinteren 2019 lå på ca. 10 prosent i Oslo/Bærum/Asker mens piggdekkbruken i andre byer i Sør-Norge varierte fra 12 prosent (Bergen) til 42 prosent (Ålesund)³⁵. I Tromsø var andelen 83 prosent. For hele landet antyder en undersøkelse utført av IF³⁶ en piggdekkandel på 44 prosent i 2016. Trenden er stadig reduksjon av andelen piggdekk og hvis vi legger til grunn 35-40 prosent andel piggdekkbruk i hele Norge så utgjør det ca. 50-60 prosent av andelen i Sverige i 2013.

På grunnlag av dette justerer vi skjønnsmessig ned resultatet fra regneeksemplet for Norge fra 0,9 til 0,5 øre/km og får dermed et resultat på 3 øre/km. Dette er det samme tall som i Sverige, og den enkle tolkningen er at lav piggdekkandel i Norge kompenseres for høyere kvadratmeterpris når en sammenligner Norge nå mot Sverige i 2012-13.

Resultatene fremgår av neste tabell

³⁴ https://trafikverket.ineko.se/Files/en-US/15657/Ineko.Product.RelatedFiles/2016_115_undersokning_av_dacktyp_i_sverige_vintern_2016.pdf

³⁵ <https://www.vegvesen.no/om+statens+vegvesen/presse/nyheter/nasjonalt/piggfriandelen-hoyere-enn-noensinne>

³⁶ <https://www.tv2.no/broom/8671771/>

Tabell 12.6: Justerte marginalkostnader. Øre/km (2018).

	Bil<5,7 m	ESAL
Alternativ 1		
Regneeksempel Norge (justert for andel piggdekk for personbiler)	0,5	5,6
Oppjusteringsfaktor fra Sverige	5,8	4,1
Oppjustert marginalkostnad	3,0	22,8
Alternativ 2		
Detaljert beregning for Sverige	3,0	27,0
Justering for kostnadsforhold per kvm Norge 2018/Sverige 2012-13	1,45	1,45
Kostnad Sverige justert for kostnad/kvm	4,3	39,1

Beregningene i alternativ 1 tar hensyn til flere forskjeller mellom Norge og Sverige enn alternativ 2. Derfor legger vi beregnet marginalkostnad i alternativ 1 til grunn i videre beregninger.

For beregning av slitasje per type lastbil kan en legge til grunn følgende ESAL-tabell for lastbiler uten henger basert på oversendt notat fra Nilsson (fra Slitageskatteutredningen): SOU 2017:11

<https://www.regeringen.se/4933fd/contentassets/a0a094b36192431a8b6f94cee526ac46/vagskatt-del-1-av-2-kapitel-1-10-sou-201711>

Tabell 12.7: ESAL basert på maksimal totalvekt for godsbiler uten henger

Maks t	Aksler			
	2	3	4	5
7,5 t	0,06	0,00		
15 t	0,93	0,21		
20 t	2,02	0,67		
27,5 t		2,41		
40 t			4,22	
50 t				5,33
55 t				7,81

Eksempel:						
For en fullastet lastebil uten henger med 55 tonn maksimalvekt blir ESAL beregnet slik:						
	Aksel 1	Aksel 2	Aksel 3	Aksel 4	Aksel 5	Sum
Maxvekt per aksel	10,45	10,45	13,2	10,45	10,45	55
ESAL	1,19	1,19	3,04	1,19	1,19	7,81

I den videre beregningen er det tatt utgangspunkt i analyser av data fra den norske lastebilundersøkelsen 2016-2017. Analysene av lastebilundersøkelsen viser gjennomsnittlig vekt per vektklasse i tabell 133.

Tabell 12.8: Gjennomsnittsvekt for godsbiler med last. Kilde: Den norske lastebilundersøkelsen 2016-2017 (forutsatt 2 aksler på henger).

Maks taksler	2	3	4	5	6
<=7,5 t	4,9				
>7,5-14 t	9,5				
>14-20 t	12,9				
>20-28 t	13,8	17,3			
>20-28 t m/henger			14,0		
>28-40 t	5,3	13,5	20,0		
>28-40 t m/henger			23,3	26,5	
>40-50 t m/henger			24,5	32,8	45,0
>50-60 t m/henger			42,2	35,9	35,2

Tabell 12.9: Beregnet ESAL for godsbiler med gjennomsnittlig total vekt innen hver kjøretøygruppe for godsbiler med last for norske godsbiler 2016-2017.

Maks taksler	2	3	4	5	6
<=7,5 t	0,01				
>7,5-14 t	0,15				
>14-20 t	0,51				
>20-28 t	0,67	0,38			
>20-28 t m/henger			0,06		
>28-40 t	0,01	0,14	0,27		
>28-40 t m/henger			0,46	0,39	
>40-50 t m/henger			0,56	0,92	1,90
>50-60 t m/henger			4,95	1,33	0,71

Tabell 12.10: Beregnet slitasjekostnad ved 22,8 øre/ESAL-km for norske godsbiler med last. NOK/vognkm.

Maks taksler	2	3	4	5	6
<=7,5 t	0,00				
>7,5-14 t	0,03				
>14-20 t	0,12				
>20-28 t	0,15	0,09			
>20-28 t m/henger			0,01		
>28-40 t	0,00	0,03	0,06		
>28-40 t m/henger			0,113	0,09	
>40-50 t m/henger			0,13	0,21	0,43
>50-60 t m/henger			1,13	0,30	0,16

Tabell 12.11: Andel norske godsbiler med last.

Maks taksler	2	3	4	5	6
<=7,5 t	75 %				
>7,5-14 t	73 %				
>14-20 t	81 %				
>20-28 t	79 %	73 %			
>20-28 t m/henger			100 %		
>28-40 t	50 %	54 %	55 %		
>28-40 t m/henger			69 %	74 %	
>40-50 t m/henger			72 %	73 %	47 %
>50-60 t m/henger			82 %	73 %	61 %

Tabell 12.12: Beregnet slitasjekostnad ved 22,8 øre/ESAL-km for alle norske godsbiler med og uten last. NOK/vognkm.

Maks taksler	2	3	4	5	6
<=7,5 t	0,00				
>7,5-14 t	0,03				
>14-20 t	0,09				
>20-28 t	0,12	0,06			
>20-28 t m/henger			0,01		
>28-40 t	0,00	0,02	0,03		
>28-40 t m/henger			0,07	0,07	
>40-50 t m/henger			0,09	0,15	0,20
>50-60 t m/henger			0,93	0,22	0,10

Det gir en gjennomsnittlig slitasjekostnad på 0,15 NOK/vognkm (2018-kr)

Tabell 12.13: Mill vognkm i den norske lastebilundersøkelsen 2016-2017.

Maks taksler	2	3	4	5	6
<=7,5 t	11				
>7,5-14 t	79				
>14-20 t	435				
>20-28 t	71	712			
>20-28 t m/henger			0,5		
>28-40 t	2	180	43		
>28-40 t m/henger			24	14	
>40-50 t m/henger			21	690	
>50-60 t m/henger			16	1544	45

Totalt utgjør dette 3886 millioner km.

Tabell 12.14: Beregnet total marginal slitasjekostnad for godsbilene i lastebilundersøkelsen. Mill NOK.

Maks taksler	2	3	4	5	6
<=7,5 t	0,0				
>7,5-14 t	2,0				
>14-20 t	40,8				
>20-28 t	8,5	44,9			
>20-28 t m/henger			0,0		
>28-40 t	0,0	3,1	1,4		
>28-40 t m/henger			1,7	0,9	
>40-50 t m/henger			1,9	105,7	
>50-60 t m/henger			14,8	342,5	4,4

Total oppsummert marginal slitasje for godsbilene i lastebilundersøkelsen 2016-17 blir 573 millioner NOK (2018-kr). Legger en til slitasje fra godsbiler uten last så øker total beregnet marginkostnad med 2 prosent. Vi har valgt å se bort fra dette her.

I Tabell 13.15 sammenlignes resultatet med resultatene i TØI (2014).

Tabell 12.15: Beregnet marginal slitasjekostnad for norske godsbiler i lastebilundersøkelsen sammenlignet med beregningen presentert i TØI (2014). NOK/vognkm.

Maks t	Ny beregning	TØI (2014)
Personbil	0,03	0,00
<=7,5 t	0,00	0,01
>7,5-14 t	0,03	0,10
>14-20 t	0,09	0,42
>20-28 t	0,07	0,76
>28-40 t	0,03	
>40-50 t	0,15	
>50-60 t	0,23	

13 Kostnader ved transport på jernbanen

Marginale kostnader kan i praksis regnes som produktet av i) gjennomsnittlige kostnader (eks. vedlikeholdskostnader per togkilometer) og ii) en kostnadselastisitet (eks. prosentvis endring i vedlikeholdskostnader ved en prosents endring i togkilometer). En studie innenfor EU-prosjektet CATRIN (Wheat et al., 2009) viser at mens det typisk er store forskjeller i gjennomsnittlige kostnader for ulike land er kostnadselastisitetene relativt sammenliknbare mellom land. I tråd med dette resultatet benytter vi kostnadselastisiteter fra VTIs studie av drift- og vedlikeholdskostnader mens gjennomsnittlige kostnader for jernbanetransport i Norge hentes inn fra Bane NOR. For å styrke overførbarheten av resultatene er elastisitets-estimatene er valgt ut fra svenske baner med like karakteristika som den norske jernbanen.

I tråd med anbefalingene fra CATRIN-prosjektet skiller VTI mellom kostnader knyttet til

1. **«Daglig» drift og vedlikehold.** Bane NOR omtaler dette som drift og korrektivt og forebyggende vedlikehold.
2. **Reinvesteringer.** Bane NOR omtaler dette som fornyinger

13.1 Utvelgelse av elastisiteter

For en detaljert beskrivelse av VTIs studier og utvelgelse av kostnadselastisiteter for Norge henviser vi til vedlegget i kapittel 12. Bakgrunnen for utvelgelsen er en sammenstilling av informasjon overlevert av Bane NOR som karakteriserer egenskapene til det norske banenettet innenfor de 6 områdene Bane NOR er delt inn i. Tabell 14.1 gir en oversikt over infrastrukturens karakteristika mens Tabell 14.2 gir en oversikt over samlet trafikk innenfor de 6 geografiske områdene.

Tabell 13.1: Beskrivelse av den norske jernbanen - infrastruktur

Område	Sporlengde km	Kurvature ^a	Tunneler antall	Tunneler km	Broer antall	Broer km	Hastighet km/t ^a	Kontaktledning km
Midt	1445	731	63	21,40	870	11,86	96	0,56
Nord	869	608	215	57,37	244	4,56	103	0,07
Oslokorridoren	362	774	65	93,01	523	18,48	104	1,17
Sør	605	618	240	91,33	636	10,53	89	0,96
Vest	506	559	476	102,10	305	3,89	88	0,60
Øst	397	622	27	7,43	389	7,60	93	0,74

Tabell 13.2: Beskrivelse av den norske jernbanen - trafikk

År	Togkilometer, millioner				Togtetthet (Togkm/Sporkm)				Gjennomsnitt 2014–2016 og 2018
	2014	2015	2016	2018	2014	2015	2016	2018	
Område									
Midt	6,03	5,11	4,32	6,71	4171	3539	2993	4641	3836
Nord	2,22	2,27	2,26	2,73	2554	2608	2596	3139	2724
Oslokorridoren	19,29	21,38	20,28	20,36	53300	59060	56013	56251	56156
Sør	4,80	4,22	4,95	5,91	7941	6983	8174	9776	8219
Vest	4,42	4,15	4,33	3,78	8734	8211	8551	7464	8240
Øst	7,12	7,22	6,90	7,67	17945	18184	17379	19317	18206

Fremgangsmåten til VTI er å legge parameterestimaterne fra sine egne modellkjøringer basert på svenske data til grunn, men å kalkulere rekalkulerte elastisitetene ved å sette inn variabler (infrastrukturvariabler og togtetthet) fra Tabell 14.1 og Tabell 14.2. På denne måten fremkommer elastisiteter som er tilpasset til den norske jernbanens utforming og utnyttelse. I beregningene legges det til grunn to modeller for beregningene av elastisiteter for daglig drift og vedlikehold. Modell 1 er en omfattende Translog kostnadsfunksjon (som også inneholder variabler som ikke er tilgjengelig for det norske banenettet) mens Modell 2 er en enkel Cobb-Douglas modell som fokuserer på variablene som er tilgjengelig for den norske jernbanen. De utvalgte elastisitetene er presentert i Tabell 14.3.

Tabell 13.3: Utvalgte kostnadselastisiteter for drift og vedlikeholdskostnader og reinvesteringer

Område	Daglig drift og vedlikehold		Reinvesteringer
	Modell 1	Modell 2a	
Midt	0,1630	0,1790	0,5162
Nord	0,1178	0,1501	0,4725
Oslokorridoren	0,5181	0,4956	0,4659
Sør	0,2638	0,2560	0,5579
Vest	0,2642	0,2542	0,5670
Øst	0,3690	0,3526	0,5311

^aBasert på elastisiteter som er korrigert med faktoren 1.4633 (se Appendikset)

13.2 Beregning av gjennomsnittskostnader

TØI har mottatt et uttrekk fra Agresso for infrastrukturdivisjonen hos Bane NOR i årene 2014-2018. En gjennomgang av datagrunnlaget har avdekket noen posteringer som ikke virker rimelige eller som forventet. Vi har i samråd med Bane NOR vurdert og justert datagrunnlaget i henhold til dette. TØI har også fått en bekreftelse fra Bane NOR at de sammenstilte gjennomsnittskostnadene per togkilometer er som forventet.

I sammenstillingen av dataen fordeler vi i utgangspunktet alle infrastrukturkostnader på hver av de 6 områdene Bane NOR er delt inn i. Poster som ikke kan fordeles geografisk summeres og antas å være likt fordelt over områdene i sammenstillingen. Dette er som et alternativ til å for eksempel fordele kostnadene etter togtrafikk eller banelengder. Vi gjør dette for at den relative kostnadsfordelingen mellom regionene skal opprettholdes også etter at kostnadsposter uten geografisk tilknytning regnes med. Alle poster som kan betegnes som "overheadkostnader", slik som stab og støttefunksjoner tas ut før

summeringen av drift og vedlikeholdskostnadene. Tabell 144 sammenstiller kostnadene per år.

Tabell 13.4: Sammenstilte drift og vedlikehold og reinvesteringskostnader, 2014-2018*

År Område	Drift og vedlikeholdskostnader (mill 2019 NOK)				Reinvesteringskostnader (mill 2019 NOK)			
	2014	2015	2016	2018	2014	2015	2016	2018
Midt	468	440	458	513	447	540	640	423
Nord	305	284	366	390	277	370	468	381
Oslokorridoren	667	746	871	891	468	632	998	678
Sør	273	291	356	372	244	323	518	308
Vest	289	303	294	319	286	442	648	386
Øst	382	157	394	422	310	460	567	557

*Data for 2017 er ikke gjort tilgjengelig for TØI.

Vi benytter et vektet gjennomsnitt av kostnadene til å beregne gjennomsnittlige kostnader per togkiloemeter per område. Dette gjøres ved å summere opp samlede kostnader per område for 2014-2018 fra Tabell 84 og dele på den tilsvarende summen av togkilometer fra Tabell 14.2.

13.3 Marginale kostnader

Marginale kostnader per område fremkommer ved å multiplisere de beregnede gjennomsnittskostnadene med elastisitetene fra Tabell 14.3. Tabell 14.5 sammenstiller de beregnede gjennomsnittlige og marginale kostnadene per område.

Tabell 13.5: Gjennomsnittlige (Gj. kost) og marginale (M. kost) kostnader per togkilometer. 2019 NOK

	Drift og vedlikehold			Reinvestering	
	Gj. kost	Modell 1	Modell 2	Gj. kost	M. kost
		M. kost	M. kost		
Midt	84,7	13,8	15,2	92,4	47,7
Nord	141,9	16,7	21,3	158,0	74,7
Oslokorridoren	39,0	20,2	19,3	34,1	15,9
Sør	65,0	17,2	16,6	70,0	39,1
Vest	72,3	19,1	18,4	105,7	59,9
Øst	46,8	17,3	16,5	65,5	34,8

Legger vi til grunn et gjennomsnittlig tog med totalvekt på 861 tonn, konverteres marginalkostnadene til kostnader per bruttotonnkilometer som følger:

Tabell 13.6: Marginale (M. kost) kostnader per bruttotonnkilometer. 2019 NOK.

	Drift og vedlikehold		Reinvestering
	Modell 1	Modell 2	M. kost
	M. kost	M. kost	
Midt	0,02	0,02	0,06
Nord	0,02	0,02	0,09
Oslokorridoren	0,02	0,02	0,02
Sør	0,02	0,02	0,05
Vest	0,02	0,02	0,07
Øst	0,02	0,02	0,04

13.4 Internalisering av eksterne kostnader

Bane NOR opererer med grunnpris på infrastrukturpriser på henholdsvis 0,97 (0,47), 2,50 (2,50) og 1,47 (1,06) ører per bruttotonnkilometer for persontog (godstog) for henholdsvis Osloområdet, Ofotbanen og landet for øvrig. Ut over dette foreslås påslag fra 2 til 5 øre per bruttotonnkilometer, samt en kapasitetspris på 500 kroner toget i Osloområdet.

Med unntak av for Ofotbanen ligger grunnprisen på bruk av infrastrukturen under våre beregnede marginale kostnader knyttet til drift og vedlikehold. Tilleggene ut over grunn-satsen virker heller ikke å være store nok til å dekke inn marginale reinvesteringskostnader i flere av regionene.

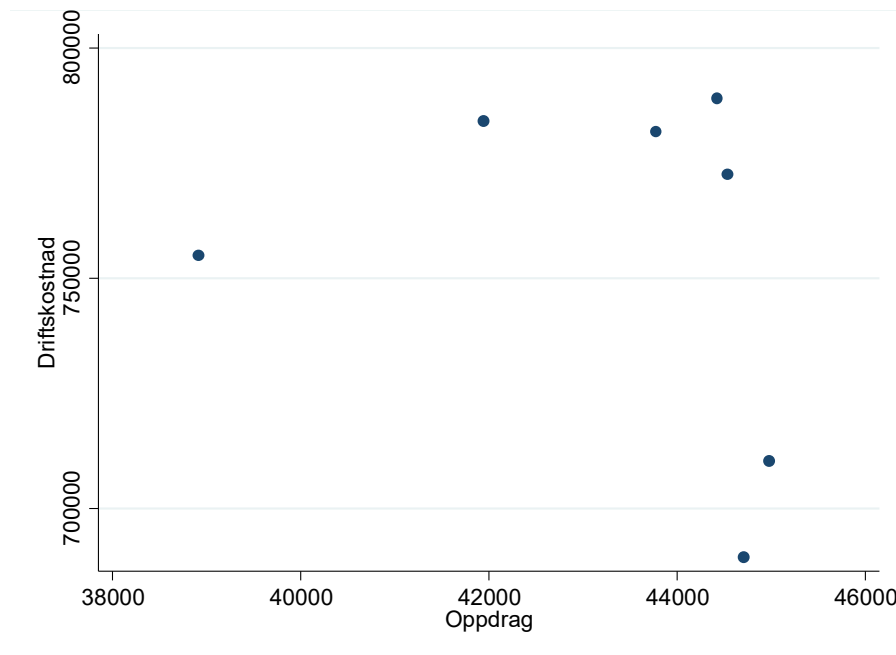
14 Infrastrukturkostnader for sjøtransport

Kostnader knyttet til infrastrukturslitasje er av begrenset relevans for sjøtransport. I en kartlegging av eksterne kostnader for sjø og bane peker derimot Rødseth og Killi (2014) på at kostnader knyttet til los og isbryting kan være relevante. Hovedspørsmålet som stilles er i hvilken grad kostnadene er trafikkavhengige, altså hvordan en ekstra utseilt kilometer påvirker kostnadene til los og isbryting.

Analyser av kostnader knyttet til los og isbryting har spesielt fått oppmerksomhet i Sveriges SAMKOST-utredninger. I en kartlegging av eksterne kostnader for sjø og bane i Norge peker Vista analyse (Magnussen et al., 2015) på at lostjenesten i Norge er selvfinansierende gjennom losberedskapsavgift, losingsavgift og farledsbevisavgift. Generelt baseres disse avgiftene på losens driftsresultat de siste 3-5 årene. Vista analyse argumenterer derfor med at kostnaden knyttet til los er internalisert og dermed ikke relevant for en analyse av eksterne kostnader.

Kystverkets årsrapport for 2017 viser derimot at det i årene 2016 og 2017 ble utbetalt en subsidie på 86 millioner for å dekke inn underskuddet av losdriften. Årsrapporten slår allikevel fast at lostjenesten er selvfinansierende, og at subsidien er et ledd i en strategi for å styrke rammevilkårene til nærskipfarten. På dette grunnlaget virker det rimelig å opprettholde Vista analyses konklusjon om å ikke inkludere kostnader til los som en ekstern kostnad.

TØI gjorde nylig en kartlegging av den norske los og isbrytingstjenesten på oppdrag av VTI. TØIs sluttrapport inngår som vedlegg i Vierth (2018). Denne viser at kostnadene per oppdrag økte med rundt 4000 kroner mellom 2010 og 2016. Lostjenesten pekte på at en viktig utfordring er variasjonen i maritim transport og derigjennom behovet for los. Losene er fast ansatte og har få alternative oppgaver. I tider med få oppdrag vil dermed typisk kostnadene per losoppdrag bli høy. Det kan gi resultatet at gjennomsnittskostnadene avtar med antall oppdrag. Dette er synliggjort av Figur 15.1. Samtidig er andelen seilinger med farledsbevis (et alternativ til bruk av los) økende, og står nå for om lag 2/3 av lospliktige seilaser. En viktig utfordring er da å etablere gode utdannings- og bemanningsplaner for los som er i henhold til etterspørselen av lostjenester framover.



Figur 14.1: Driftskostnader (2016-NOK) og antall losoppdrag, 2010-2016.

I motsetning til lostjenesten er isbrytingstjenesten lite dokumentert. Dette skyldes også at det er en marginal tjeneste i Kystverket, betjent av en enkelt ansatt. TØIs gjennomgang viser at de samlede kostnadene til isbryting var i størrelsesordenen 7.6 millioner i 2016. Dette utgjorde rundt 3 og 2 prosent av isbrytingskostnadene i henholdsvis Sverige og Finland. Vi anser kostnadene til isbryting i Norge som neglisjerbare, i tillegg til at det er krevende å henføre de til skipstrafikk. Vi følger derfor tidligere prosjekters anbefalinger om å ikke inkludere isbryting blandt de eksterne kostnadene.

Referanser, Del 5 - Drift og vedlikehold

- Magnussen, K., Ibenholt, K., Skjelvik, J.M., Lindhjem, H., Pedersen, S., Dyb, V.A., 2015. Marginale eksterne kostnader ved transport av gods på sjø og bane, In: AS, V.A. (Ed.), Oslo.
- Rødseth, K.L., Killi, M., 2014. Marginale eksterne kostnader for godstransport på sjø og jernbane – en forstudie *TØI rapport 1313/2014*. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Thune-Larsen, H., Veisten, K., Rødseth, K.L., Klæboe, R., 2014. Eksterne kostnader ved vegtrafikk, *TØI rapport 1307/2014*. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Vierth, I., 2018. Organization of pilot and icebreaking in the Nordic countries and update of the external costs of sea transports in Sweden. VTI, Sweden, VTI rapport 988A.
- Wheat, P., Smith, A.S.J., Nash, C., 2009. CATRIN (Cost Allocation of Transport Infrastructure cost). Deliverable 8 – Rail Cost Allocation for Europe, VTI, Stockholm.

Vedlegg, Del 5 - Drift og vedlikehold

Svenska kostnadselasticiteter i Norge?

Norska marginalkostnader for anvendning av jernvagsinfrastruktur baserat pa information om svenske og norske forholdene

Kristofer Odolinski

Statens vdg- og transportforskningsinstitutt (VTI), Malvinas vdg 6, Box 55685, 102 15 Stockholm, Sverige (kristofer.odolinski@vti.se)

1. Introduksjon

Tgtrafik orsaker kostnader for samhallet, sdsom nedbrytning av jernvagsinfrastrukturen, olycksrisiko, utslpp og buller. For att bidra till en effektiv anvendning av infrastrukturen bor tgforetagen betale en avgift som baseras pa marginalkostnadene for trafikken. Att faststalle disse marginalkostnader har derfor blitt en forskningsfrga der ulike metoder har anvnt, aven inom de ulike kostnadskategoriene (olycksrisiko, nedbrytning av infrastrukturen, utslpp etc.). Fokus for denne rapport er marginalkostnader for nedbrytning av jernvagsinfrastrukturen som beraknes med en empirisk metode. Ett alternativ er den mekanistiske metoden som baseras pa ingenjormassige modeller. Gemensamt for metodene er att det behvs ett detaljert datamateriale for att ta fram samband mellom trafik og infrastrukturkostnader, og ju fler observationer desto mer robuste samband.

Information om trafik, kostnader og infrastrukturens egenskaper er ndvndig for att berakne en marginalkostnad. I dagslaget er denne informasjon tilgjengelig pa en relativt aggregert nivau i Norge, vilket gor det svart att etablere ett tilforlitlig samband mellom trafik og infrastrukturkostnader. Det er emellertid mjlige att anvnde en kombinasjon av data fra Norge og Sverige for att berakne en norsk marginalkostnad. Mer spesifikk kan disaggregerede data over den svenske jernvagsinfrastrukturen anvndas for att ta fram kostnadselasticiteter for trafik som er relevante for Norge. Genom att multiplisere disse elasticiteter med en norsk gennemsnittskostnad (kostnad per trafikkenhet), kan en marginalkostnad for tgtrafikken i Norge erhallas.

Syftet med rapporten er att redovise en marginalkostnad for tgtrafik i Norge basert pa denne kombinasjon av informasjon fra de tvu lndene. Målet er att det ska fungere som ett underlag for en banavgift i Norge, der avgiften ska motsvare den ekstra kostnad for underhull og reinvesteringer i jernvagsinfrastrukturen som orsakas av tgtrafikken.

Rapporten har folgende disposisjon. I avsnitt 2 beskrives metoden og de modeller som anvnds i berakningene. I avsnitt 3 beskrives datamaterialet. Resultatene presenteres i avsnitt 4 og slutligen presenteres en slutsatt i avsnitt 5.

2. Metod

Den kortsiktiga marginalkostnaden (MK) är den extra kostnad (K) som orsakas av en extra enhet trafik (Q) som rör sig en viss längd (här kilometer, km) på infrastrukturen (se exempelvis Munduch et al. (2002) eller Odolinski och Nilsson (2017)):

$$MK = \frac{\partial K}{\partial Qkm} = \frac{Qkm}{K} \frac{\partial K}{\partial Qkm} \frac{K}{Qkm} = \frac{\partial \ln K}{\partial \ln Q} \frac{K}{Qkm} \quad (1)$$

Det innebär att marginalkostnaden beräknas genom att multiplicera trafikens kostnadselasticitet ($\frac{\partial \ln K}{\partial \ln Q}$) med genomsnittskostnaden ($\frac{K}{Qkm}$). Det trafikmått (Qkm) som används är oftast tåg- eller bruttotonkilometer. I denna studie använder vi tågakilometer eftersom det finns norska data för det trafikmättet.

Kostnadselasticiteten kan skattas med en ekonometrisk (empirisk) metod, vilket kräver data över kostnader och trafik samt variabler som samvarierar med trafik och kostnader. För att ta fram ett sådant samband behövs observationer med variation i trafik och kostnader; ju fler observationer som finns tillgängliga, desto större möjlighet att få fram ett robust och tillförlitligt samband.

Eftersom tillgången till norska data är begränsad, används uppgifter från Sverige för att skatta kostnadselasticiteter. För drift- och underhållskostnader har vi tillgång till observationer över 205 bandelar³⁷ under åren 1999 till 2016. Totalt finns 3275 observationer eftersom det saknas data för vissa bandelar under vissa år. För reinvesteringskostnader har vi fler observationer: Totalt 3434 observationer baserat på 223 bandelar under åren 1999 till 2016. En mer detaljerad beskrivning av data ges i avsnitt 3. Sammantaget ger detta en bra grund för att ta fram robusta kostnadssamband (elasticiteter) som kan användas i en norsk kontext. Hur vi beräknar kostnadselasticiteter som är relevanta för Norge beskrivs i avsnitt 2.3, men först beskrivs modellerna som används på svenska data för att skatta kostnadselasticiteter, dels för drift- och underhåll (avsnitt 2.1) och dels för reinvesteringar (avsnitt 2.2).

2.1 Modell för drift- och underhållskostnader³⁸

För att skatta kostnadselasticiteter utgår vi från en kostnadsfunktion

$$K_{it} = f(Q_{it}, \sum_{l=1}^L X_{lit}, \sum_{m=1}^M Z_{mit}), \quad (2)$$

där $i = \text{bandel}$, $t = \text{år}$, $\sum_{l=1}^L X_{lit}$ är infrastrukturens egenskaper, $\sum_{m=1}^M Z_{mit}$ är dummyvariabler som anger när en bandel tillhör ett kontraktssområde där underhållet har upphandlats i konkurrens (se Odolinski och Smith (2016)), eller under vilket år som underhållskostnaden observeras för att på så sätt fånga årsspecifika trender i kostnader.

I modellskattningen utgår vi från en *translog*-modell som är en andra ordningens approximation av en kostnads- eller produktionsfunktion (se Christensen et al. (1971) eller Christensen och Greene (1976)). Modellen vi skattar är

³⁷ En indelning av järnvägsnätet som används för olika redovisningssyften.

³⁸ Avsnittet baseras på Odolinski (2018).

$$\begin{aligned} \ln K_{it} = & \alpha + \beta_1 \ln K_{it-1} + \beta_Q \ln Q_{it} + \frac{1}{2} \beta_{QQ} (\ln Q_{it})^2 + \sum_{l=1}^L \beta_l \ln X_{lit} + \\ & \frac{1}{2} \sum_{l=1}^L \sum_{l=1}^L \beta_{ll} \ln X_{lit} \ln X_{lit} + \sum_{l=1}^L \beta_{lQ} \ln X_{lit} \ln Q_{it} + \\ & \sum_{l=1}^L \sum_{r=1}^R \beta_{lr} \ln X_{lit} \ln X_{rit} + \sum_{d=1}^D \vartheta_d Z_{dit} + \mu_i + v_{it} \end{aligned} \quad (3)$$

där α är en skalär, v_{it} är en felterm, och μ_i är ej observerade bandelsspecifika effekter. β_Q , β_{QQ} , β_l , β_{ll} , β_{lQ} , β_{lr} och ϑ_d är parametrarna vi skattar. Vi testar Cobb-Douglas-restriksjonen ($\beta_{QQ} = \beta_{lQ} = \beta_{lr} = 0$). Vi använder en logaritmisk transformation av variablerna, då en sådan transformation kan hantera skevhet i feltermerna och problem med en ej konstant varians (heteroskedasticitet). Denna transformation är vanlig i studier av kostnader för järnvägsinfrastruktur och trafik (se exempelvis Link et al. (2008), Wheat et al. (2009), Wheat och Smith (2008), Smith och Wheat (2012), Odolinski och Nilsson (2017)).

För att fånga (eventuella) dynamiska effekter inkluderar vi laggade underhållskostnader $\ln K_{it-1}$ som en förklaringsvariabel; en förändring i underhållskostnader under ett år kan påverka underhållskostnader under kommande år. Exempel på studier som har funnit intertemporala effekter inom kostnader för järnvägsunderhåll är Andersson (2008), Wheat (2015), Odolinski och Nilsson (2017) och Odolinski och Wheat (2018). Genom att inkludera fler laggar ($\ln K_{it-2}$, $\ln K_{it-3}$ osv.) ger vi modellen större flexibilitet och kan hantera problem med autokorrelation i feltermerna. En nackdel med varje extra lagg i variabeln är att vi förlorar ett års observationer. Vi testar förekomsten av autokorrelation i feltermerna och ökar antalet laggar tills vi kan acceptera nollhypotesen att det inte finns en autokorrelation.

Vi beräknar ”jämviktselastisiteter”, där jämvikten i kostnader (K_{it}^j) innebär att det inte finns en tendens att öka eller minska underhållskostnaden, allt annat lika (Odolinski och Wheat (2018)). En kostnadsnivå i jämvikt innebär att $K_{it} = K_{it-1} = K_{it}^j$ och ekvation (3) kan då uttryckas som

$$\begin{aligned} \ln K_{it}^j = & \alpha + \beta_1 \ln K_{it}^j + \beta_Q \ln Q_{it} + \frac{1}{2} \beta_{QQ} (\ln Q_{it})^2 + \sum_{l=1}^L \beta_l \ln X_{lit} + \\ & \frac{1}{2} \sum_{l=1}^L \sum_{l=1}^L \beta_{ll} \ln X_{lit} \ln X_{lit} + \sum_{l=1}^L \beta_{lQ} \ln X_{lit} \ln Q_{it} + \\ & \sum_{l=1}^L \sum_{r=1}^R \beta_{lr} \ln X_{lit} \ln X_{rit} + \sum_{d=1}^D \vartheta_d Z_{dit} + \mu_i + v_{it} \end{aligned} \quad (4)$$

Med jämviktscostnaden i vänsterled får vi

$$\begin{aligned} \ln K_{it}^j (1 - \beta_1) = & \alpha + \beta_Q \ln Q_{it} + \frac{1}{2} \beta_{QQ} (\ln Q_{it})^2 + \sum_{l=1}^L \beta_l \ln X_{lit} + \\ & \frac{1}{2} \sum_{l=1}^L \sum_{l=1}^L \beta_{ll} \ln X_{lit} \ln X_{lit} + \sum_{l=1}^L \beta_{lQ} \ln X_{lit} \ln Q_{it} + \\ & \sum_{l=1}^L \sum_{r=1}^R \beta_{lr} \ln X_{lit} \ln X_{rit} + \sum_{d=1}^D \vartheta_d Z_{dit} + \mu_i + v_{it} \end{aligned} \quad (5)$$

vilket kan uttryckas som

$$\begin{aligned} \ln K_{it}^j = & \frac{\alpha}{1 - \beta_1} + \frac{\beta_Q}{1 - \beta_1} \ln Q_{it} + \frac{1}{2} \frac{\beta_{QQ}}{1 - \beta_1} (\ln Q_{it})^2 + \sum_{l=1}^L \frac{\beta_l}{1 - \beta_1} \ln X_{lit} + \\ & \frac{1}{2} \sum_{l=1}^L \sum_{l=1}^L \frac{\beta_{ll}}{1 - \beta_1} \ln X_{lit} \ln X_{lit} + \sum_{l=1}^L \frac{\beta_{lQ}}{1 - \beta_1} \ln X_{lit} \ln Q_{it} + \\ & \sum_{l=1}^L \sum_{r=1}^R \frac{\beta_{lr}}{1 - \beta_1} \ln X_{lit} \ln X_{rit} + \sum_{d=1}^D \frac{\vartheta_d}{1 - \beta_1} Z_{dit} + \frac{\mu_i}{1 - \beta_1} + \frac{v_{it}}{1 - \beta_1} \end{aligned} \quad (6)$$

Jämviktselastisiteten med avseende på trafik är då

$$\gamma_{it} = \frac{\partial \ln K_{it}^j}{\partial \ln Q_{it}} = \frac{\beta_Q}{1-\beta_1} + \frac{\beta_{QQ}}{1-\beta_1} \ln Q_{it} + \sum_{l=1}^L \frac{\beta_{lQ}}{1-\beta_1} \ln X_{lit} \quad (7)$$

2.2. Modell för reinvesteringskostnader³⁹

Drift- och underhållsåtgärder är mer frekventa än reinvesteringar. Det innebär att de flesta bandelarna har en drift- och underhållskostnad under varje år, samtidigt som många observationer inte har någon reinvesteringskostnad. Att inte genomföra en reinvestering på en bandel under ett visst år är ett aktivt beslut som infrastrukturförvaltaren tar och detta behöver reflekteras av modellen. Att analysera denna information med standardmodeller, såsom minstakvadratmetoden eller den modell vi använder för drift- och underhållskostnader, är inte lämpligt då det kan innebära snedvridna resultat. Vi använder istället en modell för så kallade hörnlösningar. Mer specifikt använder vi en tvåstegsmodell, där sannolikheten för att en reinvestering sker skattas i det första steget med en *probit*-modell, och i det andra steget skattas vi hur olika förklaringsvariabler påverkar storleken på reinvesteringskostnaderna med en trunkerad regression.

Reinvesteringsbeslutet z_{it}^* för bandel i under år t specificerar vi som en *probit*-modell:

$$\begin{aligned} z_{it}^* &= \alpha_{1i} + \beta_{1Q} \ln Q_{1it} + \frac{1}{2} \beta_{1QQ} (\ln Q_{1it})^2 + \sum_{l=1}^L \beta_{1l} \ln X_{1lit} + \\ &\frac{1}{2} \sum_{l=1}^L \sum_{l=1}^L \beta_{1ll} \ln X_{1lit} \ln X_{1lit} + \\ &\sum_{l=1}^L \beta_{1lQ} \ln X_{1lit} \ln Q_{1it} + \sum_{l=1}^L \sum_{r=1}^L \beta_{1lr} \ln X_{1lit} \ln X_{1rit} + \sum_{d=1}^D \vartheta_{1d} D_{1dit} + u_{1it} \\ I_{it} &= 1 \text{ om } z_{it}^* > 0, \\ I_{it} &= 0 \text{ i andra fall} \end{aligned} \quad (8)$$

När en reinvestering sker antar I_{it} värdet 1 (och noll i andra fall). Parametrarna och variablerna har indexet 1 som anger att de ingår i det första steget (*probit*-modellen) i tvåstegsmodellen. $\ln Q_{it}$ är antal tåg, $\ln X_{lit}$ är en vektor med L antal variabler för bandelarnas infrastrukturegenskaper, D_{dit} är en vektor med D antal dummyvariabler som indikerar vilken region bandelen tillhör, om det är en stationsbandel, om bandelen har främst betongslipers installerade och dummyvariabler för det år som informationen gäller. α_{1i} är bandelsspecifika ej observerade effekter som är konstanta över tid och u_{1it} är feltermen. Då modellen skattas som en *pooled probit* antas att $\alpha_{1i} + u_{1it} \sim N(0,1)$.

För att skatta storleken på reinvesteringskostnaden använder vi en trunkerad regression:

$$\begin{aligned} y_{it} | (I_{it} = 1) &= \alpha_{2i} + \beta_{2Q} \ln Q_{2it} + \frac{1}{2} \beta_{2QQ} (\ln Q_{2it})^2 + \sum_{l=1}^L \beta_{2l} \ln X_{2lit} + \\ &\frac{1}{2} \sum_{l=1}^L \sum_{l=1}^L \beta_{2ll} \ln X_{2lit} \ln X_{2lit} + \\ &\sum_{l=1}^L \beta_{2lQ} \ln X_{2lit} \ln Q_{2it} + \sum_{l=1}^L \sum_{r=1}^L \beta_{2lr} \ln X_{2lit} \ln X_{2rit} + \sum_{d=1}^D \vartheta_{2d} D_{2dit} + u_{2it} \end{aligned} \quad (9)$$

³⁹ Avsnittet baseras på Nilsson och Odolinski (2018).

Notera att funktionen för beslutet att reinvestera kan se annorlunda ut jämfört med funktionen för storleken på reinvesteringskostnaden, dvs. de slutliga modellerna i (8) och (9) kan se olika ut.

För att beräkna kostnadselasticiteten med avseende på trafik använder vi följande uttryck (givet en Cobb-Douglas-modell)

$$\gamma_i = \frac{\partial E[y]}{\partial Q} \times \frac{Q}{E[y]} = \beta_{2Q} + \beta_{1Q} \lambda(\hat{z}_i^*) \quad (10)$$

där β_{1Q} är koefficienten för antal tåg i *probit*-modellen och β_{2Q} är koefficienten för antal tåg i den trunkerade regressionen. I beräkningen använder vi ett så kallat 'Inverse Mills Ratio': $\lambda(\hat{z}_i^*) = \frac{\phi(\hat{z}_i^*)}{\Phi(\hat{z}_i^*)}$, där $\phi(\hat{z}_i^*)$ är sannolikhetens täthetsfunktion och $\Phi(\hat{z}_i^*)$ är dess fördelningsfunktion.⁴⁰

2.3. Beräkning av kostnadselasticiteter för Norge

För att beräkna marginalkostnader för tågtrafik i Norge behöver genomsnittskostnader för de norska banregionerna multipliceras med kostnadselasticiteter. Då informationen för att skatta kostnadselasticiteter är begränsad i Norge, är frågan är hur de norska elasticiteterna ska beräknas. Som beskrivits ovan kan en kombination av svenska och norska data användas för att beräkna relevanta elasticiteter för Norge. Specifikt skattas kostnadselasticiteter baserade på svenska data. Om dessa elasticiteter visar att trafikens konsekvenser för banunderhåll är olika stor beroende på nivån på trafiken (går det 'många' eller 'få' tåg på en bana), beroende på tillåten hastighet eller olika infrastrukturegenskaper, kan den informationen användas för att beräkna elasticiteter som är anpassade till Norges trafiknivå, tillåtna hastighet och infrastrukturegenskaper.

Mer specifikt, för drift- och underhållskostnader utgår vi från beräkningen av (jämvikts)elasticiteten enligt ekvation (7) och använder skattade parametrar ($\hat{\beta}$) baserade på svenska data. Svenska data för variabler som påverkar nivån på kostnadselasticiteten i Sverige (y_{it}) byts sedan ut mot norska data. Kostnadselasticiteten för banområde o i Norge är då

$$\gamma_o = \frac{\hat{\beta}_Q}{1-\hat{\beta}_1} + \frac{\hat{\beta}_{QQ}}{1-\hat{\beta}_1} \ln Q_o^{Norge} + \sum_{l=1}^L \frac{\hat{\beta}_{lQ}}{1-\hat{\beta}_1} \ln X_{lo}^{Norge} \quad (11)$$

där $\ln Q_o^{Norge}$ är tågdensitet i Norge och $\ln X_{lo}^{Norge}$ är infrastrukturvariabel i Norge, där båda variablerna har dividerats med dess median innan den logaritmiska transformationen (detta har även genomförts för svenska data, vilket innebär att första ordningens koefficienter kan tolkas vid variabelns median). Samma princip enligt ekvation (11) används för att ta fram en norsk kostnadselasticitet för reinvesteringar.

Den information som finns tillgänglig för den norska infrastrukturen är spårlängd, kurvatur (viktat genomsnitt baserat på spårlängd), tunnlar (antal och längd), broar (antal och längd),

⁴⁰ Specifikt anger vårt 'Inverse Mills Ratio' den momentana sannolikheten att bli vald(reinvesteras).

hastighet (viktat genomsnitt) och spårlängd med kontaktledningar (den specifika informationen om dessa egenskaper redovisas i nästa avsnitt). Samma information finns tillgänglig för den svenska infrastrukturen. För att få fram användbara kostnadselasticiteter används dessa variabler i modellskattningarna. Däremot ingår inte rälsvikt och rälsålder, antal växlar etc. eftersom dessa variabler i olika grad korrelerar med spårlängd, kurvatur, tunnlar, broar och hastighet, dvs. de variabler som även finns tillgängliga för den norska infrastrukturen. Genom att endast använda variabler som finns tillgängliga i Norge i analysen på svenska data fångar dessa den största möjliga variationen i kostnader för att få fram kostnadselasticiteter som kan överföras till norska förhållanden, och därmed är användbara för en beräkning av norska marginalkostnader. En risk med detta förfarande är att det uppstår en så kallad *omitted variable bias*. Så är fallet om vi har exkluderat förklaringsvariabler som korrelerar med både underhållskostnader och med trafik, vilket snedvrider estimatet för trafik. För att undersöka detta skattar vi därför dels den fullständiga modell som återfinns i Odolinski (2018), dels en modell där vi begränsar antal förklaringsvariabler. Med information om storleken på snedvridningen i den begränsade modellen kan en korrigerig av estimatet genomföras. Huruvida korrigeringen är överförbar till norska förhållanden beror på om de exkluderade variablerna korrelerar med underhållskostnader och trafik på samma sätt i Norge som i Sverige. Vi antar emellertid att korrelationens riktning är densamma mellan länderna, även om storleken på korrelationen kan variera. Om så är fallet är ett korrigerat estimatet närmare norska förhållanden jämfört med ett ej korrigerat estimat.

De infrastrukturegenskaper som kan användas för att koppla samman norsk och svensk infrastruktur (och som en interaktionsvariabel med tåg i modellskattningarna), är kurvatur, tunnlar, broar, och hastighet (se Tabell 1 i avsnitt 3). Samtidigt som merparten av det svenska järnvägsnätet är elektrifierat har det norska järnvägsnätet en varierande grad av elektrifiering. Det finns några enstaka bandelar som saknar kontaktledningar, men antalet observationer är inte tillräcklig många för att få fram ett statistiskt signifikant estimat för hur förekomsten av kontaktledningar påverkar underhållskostnaden.

3. Data

Den norska järnvägen delas in i sex områden: Midt, Nord, Oslokorridoren, Sør, Vest och Øst. Data över infrastrukturen i dessa områden presenteras i Tabell 1. Förutom spårlängd finns information om kurvatur, broar, tillåten hastighet och förekomsten av kontaktledningar.

Tabell 1. *Infrastrukturdata, banområden i Norge.*

Område	Spårlängd km	Kurvatur ^a	Tunnlar antal	Tunnlar km	Broar antal	Broar km	Hastighet km/h ^a	Kontaktledning km
Midt	1445	731	63	21,40	870	11,86	96	0,56
Nord	869	608	215	57,37	244	4,56	103	0,07
Oslokorridoren	362	774	65	93,01	523	18,48	104	1,17
Sør	605	618	240	91,33	636	10,53	89	0,96
Vest	506	559	476	102,10	305	3,89	88	0,60
Øst	397	622	27	7,43	389	7,60	93	0,74

^a Viktat genomsnitt

Information om trafik presenteras i Tabell 2 och består av antal tågakilometer under åren 2014, 2015, 2016 och 2018. Vi dividerar tågakilometer med spårkilometer för att få fram genomsnittligt antal tåg som har trafikerat Norges banområden. Det finns en stor variation mellan olika banområden. Oslokorridoren har en betydligt högre trafikerig jämfört med

övrige områden, följt av banområde Øst. Mer specifikt trafikerades Oslokorridoren av i genomsnitt 56 156 tåg under åren 2014–2016 och 2018, medan motsvarande genomsnitt i banområde Øst var 18 206 och banområde Nord trafikerades i genomsnitt endast av 2724 tåg under de aktuella åren.

Tabell 2. Trafikdata, banområden i Norge.

År Område	Tågakilometer, millioner				Tågdensitet (Tågakm/spårkm)				
	2014	2015	2016	2018	2014	2015	2016	2018	Medelvärde 2014–2016 och 2018
Midt	6,03	5,11	4,32	6,71	4171	3539	2993	4641	3836
Nord	2,22	2,27	2,26	2,73	2554	2608	2596	3139	2724
Oslokorridoren	19,29	21,38	20,28	20,36	53300	59060	56013	56251	56156
Sør	4,80	4,22	4,95	5,91	7941	6983	8174	9776	8219
Vest	4,42	4,15	4,33	3,78	8734	8211	8551	7464	8240
Øst	7,12	7,22	6,90	7,67	17945	18184	17379	19317	18206

I Tabell 3 presenteras kostnader för drift, underhåll och reinvesteringar under åren 2014–2016 och 2018.

Tabell 3. Kostnader för drift, underhåll och reinvesteringar, banområden i Norge (år 2014–2016 och 2018).

År Område	Drift och underhåll, millioner NOK (2019 års priser)				Reinvesteringar, millioner NOK (2019 års priser)			
	2014	2015	2016	2018	2014	2015	2016	2018
Midt	468	440	458	513	447	540	640	423
Nord	305	284	366	390	277	370	468	381
Oslokorridoren	667	746	871	891	468	632	998	678
Sør	273	291	356	372	244	323	518	308
Vest	289	303	294	319	286	442	648	386
Øst	382	157	394	422	310	460	567	557

Det svenska statliga järnvägsnätet består av ca 14 100 km spår. Kostnader för drift, underhåll och reinvesteringar bokförs på bandelar, medan information om infrastrukturens tekniska egenskaper finns tillgängligt på en mer disaggregerad nivå. Totalt finns det ca 250 bandelar (antalet har varierat under perioden 1999 till 2016). Några bandelar avser enbart bangårdar eller industrispår medan andra saknar trafik. Dessa bandelar ingår inte i analysen och inte heller bandelar där relevant information saknas. Totalt har vi tillgång till data över 205 bandelar i modellen för drift och underhållskostnader. I genomsnitt ingår ca 12 500 km spår per år i materialet, dvs. 89 procent av hela det statliga järnvägsnätet. Deskriptiv statistik för drift- och underhållsmodellen presenteras i Tabell 4. I reinvesteringsmodellen har vi tillgång till data över något fler bandelar (223 st) och därmed fler observationer. Deskriptiv statistik för reinvesteringsmodellen presenteras i Tabell 5.

Tabell 4. Deskriptiv statistik för drift- och underhållsmodell, data per bandel och år (1999–2016) i Sverige (3275 obs.).

Variabel	Median	Medel	st. av.	Min	Max
Drift och underhåll, millioner kr ^a	8,82	13,51	17,19	0,06	280,13
<i>Trafik</i>					

Tågkilometer, millioner	0,45	0,74	0,87	0,00	4,87
Bruttotonkilometer, millioner	152,60	368,75	519,09	0,00	4219,00
Tågdensitet, tusen	10,99	17,74	21,81	0,00	194,30
Bruttotondensitet, millioner	4,73	7,84	8,57	0,00	65,85
<i>Infrastruktur och organisation</i>					
Banlängd, kilometer	38,87	52,23	41,06	1,89	219,39
Spårlängd, kilometer	56,27	69,06	51,51	4,20	305,54
Kurvatur ^b	1591,40	2185,37	1737,61	199,00	12936,16
Broar, spårlängd km	0,35	0,72	1,21	0,00	9,82
Tunnlar, spårlängd km	0,18	1,63	3,38	0,00	17,90
Strukturer, spårlängd km	0,38	1,26	3,01	0,00	23,21
Kvalitetsklass ^{b, c}	3,22	3,17	1,20	1,00	6,00
Dummy Stationsbandel	0,00	0,11	0,32	0,00	1,00
Dummy Region Väst	0,00	0,17	0,38	0,00	1,00
Dummy Region Norr	0,00	0,13	0,34	0,00	1,00
Dummy Region Mitt	0,00	0,18	0,39	0,00	1,00
Dummy Region Syd	0,00	0,26	0,44	0,00	1,00
Dummy Region Öst	0,00	0,25	0,43	0,00	1,00
Dummy Konkurrensutsatt underhåll	1,00	0,54	0,50	0,00	1,00
Dummy Övergång till konkurrens	0,00	0,05	0,23	0,00	1,00

^a 2016 års priser, ^b Viktat gjennomsnitt, ^c Kvalitetsklasserna 0 till 5 anger høy till låg tillåten hastighet. Klasserna varierer oftest inom en bandel, vilket innebær att ett medelværde anvænds.

Tabell 5. Deskriptiv statistikk for reinvesteringmodell, data per bandel och år (1999–2016) i Sverige (3434 obs.).

Variabler	Median	Medelværde	Std. av.	Min	Max
Reinvesteringkostnader, millioner kr ^a	0,34	7,61	27,51	0,00	511,27
<i>Trafikk</i>					
Tågkilometer, millioner	0,4	0,7	0,9	0,0	4,9
Bruttotonkilometer, millioner	138	353	512	0	4219
Tågdensitet, tusen	11	18	22	0	194
Bruttotondensitet, millioner	4,54	7,71	8,52	0,00	65,86
<i>Infrastruktur och organisation</i>					
Banlängd, kilometer	38,1	50,3	41,1	0,8	219,4
Rålsvikt, medelværde (kg per meter) ^b	50,0	51,2	5,0	32,0	60,0
Kvalitetsklass, medelværde (0–5) ^{b, c}	2,3	2,2	0,2	0,0	5,0
Skarvar	129	160,1	133,9	1,0	1221,0
Dummy betongsliper	1,0	0,6	0,5	0,0	1,0
Dummy stationsbandel	0,0	0,1	0,3	0,0	1,0
Dummy region väst	0,0	0,2	0,4	0,0	1,0
Dummy region norr	0,0	0,1	0,3	0,0	1,0
Dummy region mitt	0,0	0,2	0,4	0,0	1,0
Dummy region syd	0,0	0,3	0,4	0,0	1,0
Dummy region öst	0,0	0,3	0,4	0,0	1,0

^a 2016 års priser ^b Viktat gjennomsnitt, ^c Kvalitetsklasserna 0 till 5 anger høy till låg tillåten hastighet. Klasserna varierer oftest inom en bandel, hvilket innebær att ett medelværde anvænds.

Information om hastigheten i datamaterialet utgøres av en variabel for kvalitetsklass, som ligger i intervallet 0 till 5 och har olika krav på spårlägen (avvikelser i spårgeometri). Den största tillåtna hastigheten för loktåg respektive snabbtåg för de olika kvalitetsklasserna redovisas i Tabell 6 (nya hastighetsklasser togs fram år 2013, men det gamla systemet har varit kvar i Trafikverkets Baninformationssystem BIS fram till år 2016 och följer de största tillåtna hastigheter som är aktuella). Här kan noteras att skillnaderna i tillåten hastighet inte är linjär för de olika kvalitetsklasserna. Det påverkar överförbarheten till norska förhållanden eftersom vi använder den tillåtna hastigheten (viktat genomsnitt baserat på spårlängd) i Norge, och inte en motsvarande kvalitetsklass som i Sverige.

Tabell 6. Kvalitetsklass och största tillåtna hastighet.

Kvalitetsklass	Största tillåtna hastighet, loktåg	Största tillåtna hastighet, snabbtåg
0	145 -	185 -
1	125 - 140	160 - 180
2	105 - 120	- 155
3	75 - 100	95 - 130
4	40 - 70	- 90
5	- 40	-

Källa: Banverket (1997)

4. Resultat

Detta avsnitt inleds med resultat från modeller för drift-, underhåll- och reinvesteringskostnader i Sverige. I avsnitt 4.1 redovisas hur resultaten från Sverige används för att ta fram kostnadselasticiteter för Norge, samt en beräkning av norska marginalkostnader.

Modellerna för drift- och underhållskostnader i Sverige har skattats med *Generalized method of moments*.⁴¹ Reinvesteringsmodellen i Nilsson och Odolinski (2018) skattades med en *pooled probit* regression och trunkerad regression. Resultaten för drift- och underhållskostnader presenteras i Tabell 7 och resultaten från modellskattningen av reinvesteringskostnader presenteras i Tabell 8. Vi använder F-test för att undersöka om en variabels interaktionstermer och andra ordningens term är gemensamt signifikanta. Alla skattningar är genomförda med Stata 12 (StataCorp 2011).

Koefficienterna för laggade kostnader visar att det finns en dynamisk effekt i drift och underhåll, dvs. infrastrukturförvaltaren behöver mer än ett år på sig att anpassa sina kostnader efter en trafikförändring (eller andra kostnadsdrivande förändringar).⁴² Liknande resultat återfinns i Wheat (2015), Odolinski och Nilsson (2017) och Odolinski och Wheat (2018).

⁴¹ Standardfelen hanteras med en Windmeijer (2005)-rättning eftersom vi presenterar ”tvåstegsresultat” (standardfelen är underskattade utan rättningen).

⁴² När modellerna skattas med en lagg i underhållskostnader kan vi inte acceptera nollhypotesen om ingen (andra ordningens) autokorrelation i feltermerna. Vi inkluderar därför ännu en lagg i modellen ($\ln K_{it-2}$) och kan då acceptera nollhypotesen om ingen autokorrelation ($z=-1.62$, $Pr>0.106$ och $z=0.88$, $Pr>0.380$ i Modell 1 respektive Modell 2).

Tabell 7. Resultat, drift- og underhållskostnader: fullstendig modell (1) og begrenset modell (2).

	Modell 1		Modell 2	
	Koeffisient	Standardfel	Koeffisient	Standardfel
Konstant	8,5400***	0,9570	6,0788***	2,1927
Drift og underhåll _{t-1}	0,3276***	0,0405	0,5470***	0,1775
Drift og underhåll _{t-2}	0,1353***	0,0340	0,0734	0,0611
ln(antal tåg)	0,1797***	0,0309	0,1637***	0,0576
ln(antal tåg) ²	0,0355***	0,0078	0,0316**	0,0140
ln(spårlengd)	0,2824***	0,0531	0,2908***	0,0981
ln(kvalitetsklass)	0,0931**	0,0439	0,1655**	0,0712
ln(tunnlar og broar)	0,0216	0,0180	0,0206	0,0150
ln(antal spår)	-0,1933*	0,1000	-	-
ln(rälsvikt)	-0,4443**	0,1860	-	-
ln(skarvar)	0,0761*	0,0397	-	-
ln(växlar)	0,1131***	0,0369	-	-
ln(antal tåg)ln(kvalitetsklass)	-	-	0,0751**	0,0332
ln(antal tåg)ln(spårlengd)	0,0766***	0,0245	-	-
ln(antal tåg)ln(antal spår)	-0,0889**	0,0433	-	-
ln(antal tåg)ln(skarvar)	-0,1326***	0,0265	-	-
ln(antal tåg)ln(växlar)	0,0415*	0,0228	-	-
ln(antal tåg)ln(tunnlar og broar)	-0,0163	0,0110	-	-
ln(spårlengd) ²	0,1447	0,0898	-	-
ln(spårlengd)ln(antal spår)	0,1166	0,0803	-	-
ln(spårlengd)ln(skarvar)	-0,0961**	0,0413	-	-
ln(spårlengd)ln(växlar)	-0,0813	0,0532	-	-
ln(spårlengd)ln(tunnlar og broar)	-0,0571*	0,0329	-	-
ln(antal spår) ²	0,2525	0,1959	-	-
ln(antal spår)ln(skarvar)	0,1238*	0,0706	-	-
ln(antal spår)ln(växlar)	0,0023	0,1065	-	-
ln(antal spår)ln(tunnlar og broar)	-0,0600	0,0412	-	-
ln(skarvar) ²	0,0952***	0,0242	-	-
ln(skarvar)ln(växlar)	0,0178	0,0449	-	-
ln(skarvar)ln(tunnlar og broar)	0,0634**	0,0285	-	-
ln(växlar) ²	0,0529	0,0572	-	-
ln(växlar)ln(tunnlar og broar)	-0,0124	0,0222	-	-
ln(tunnlar og broar) ²	0,0143	0,0184	-	-
D. Region Norr	0,1822***	0,0535	0,0762	0,0499
D. Region Mitt	-0,0408	0,0329	-0,0446	0,0355
D. Region Syd	-0,1824***	0,0420	-0,1431**	0,0665
D. Region Öst	-0,0488	0,0376	-0,0500	0,0381
D. Övergång til konkurrens	-0,0545*	0,0327	-0,0519	0,0329
D. Konkurrensutsatt	-0,1113***	0,0320	-0,1064***	0,0336
D. Stationsbandel	0,1651***	0,0588	-	-
D. år 2002–2016	Ja		Ja	-
Antal observationer	2813		2813	

*, **, ***: Statistisk signifikans på 10-, 5- respektive 1-procents nivå.

I den *translog*-modell som skattades i Odolinski (2018) (Modell 1) er interaksjonstermer mellom kvalitetsklass og øvrige forklaringsvariabler, deribland trafikk, er statistisk signifikante. Interaksjonstermer mellom lengden på tunnlar og broar og andre infrastrukturegenskaper var statistisk signifikante, men dock inte interaksjonen med antal tåg. I den begrensande modellen (Modell 2) ingår därför endast antal tåg, spårlengd, kurvatur, kvalitetsklass og

längden på tunnlar og broar som forklaringsvariabler. Vi testar en interaktionsterm mellom strukturer (tunnlar og broar) og antal tåg, men den er inte statistisk signifikant (koefficienten er -0.0071 med standardfelet 0.0066). Även interaktioner mellom antal tåg og kurvatur har en ej signifikant effekt (0.0260 med standardfelet 0.0220). Första ordningens koefficient för kurvatur indikerar en liten og ej signifikant effekt (0.0007 med standardfelet 0.0195), og ekskluderas från modellen.

Spårlängd har som väntat en signifikant effekt på kostnader. En elasticitet under 1 indikerar att det finns stordriftsfördelar som inte utnyttjas (en avtagande genomsnittskostnad), men en sådan tolkning är vanskelig då underhållskontrakten består av flera bandelar. En högre kvalitetsklass (lägre krav på spårstandard og lägre hastigheter) innebär högre kostnader. Även förekomsten av tunnlar og broar innebär större kostnader, men denna effekt är emellertid inte statistisk signifikant.

Första ordningens koefficient för tåg är 0.1797 og 0.1637 i Modell 1 respektive Modell 2, og andra ordningens koefficient är 0.0355 respektive 0.0316 (båda statistisk signifikanta), vilket visar att trafikens effekt på drift- og underhållskostnader är större ju större trafikvolymen är på bandelen, men att effekten avtar. I Modell 2 är interaktionstermen mellom kvalitetsklass og antal tåg 0.0751, vilket visar att en ökning i trafik är mer kostsam på banor med hög kvalitetsklass (låg hastighet og låga krav på spårstandard) jämfört med banor med låg kvalitetsklass (hög hastighet og höga krav på spårstandard). Notera detta estimat fångar även andra infrastrukturegenskaper som samvarierar med kvalitetsklass og som inte finns med i modellskattningen.

Resultaten från modellen för reinvesteringarkostnader som skattades i Nilsson og Odolinski (2018) presenteras i Tabell 7. Resultaten visar att kostnadselasticiteterna med avseende på trafik är større inom denna kostnadskategori jämfört med underhåll. Notera att skattningarna genomförs med två modeller, där resultaten från modellerna ska vägas samman enligt ekvation (10) för att beräkna en total kostnadselasticitet. För reinvesteringar är kostnadselasticiteten med avseende på trafik 0.5236, hvilket kan jämföras med motsvarande elasticiteter för underhåll som hamnar på 0.2640 og 0.3863 i Modell 1 respektive Modell 2 (se Tabell 9 nedan).

Tabell 8. Resultat, reinvesteringarkostnader (Nilsson og Odolinski 2018).

	Probit regression – steg 1		Trunkerad regression – steg 2	
	Koefficient	Standardfel	Koefficient	Standardfel
Konstant	0,1666	0,1527	15,1136***	0,3034
ln(banlängd)	0,2466***	0,0617	0,3598***	0,1278
ln(antal tåg)	0,1706***	0,0400	0,6684***	0,1698
ln(antal tåg)^2	-	-	0,0220	0,0571
ln(rälsvikt)	1,6785**	0,6564	-2,4377	3,6423
ln(rälsvikt)^2	-38,2243***	8,8650	-129,5054***	44,9573
ln(kvalitetsklass)	-0,4787**	0,2137	0,8939	0,9591
ln(kvalitetsklass)^2	-1,5483***	0,3907	-2,3031*	1,3300
ln(skarvar)	0,3335***	0,0815	0,8110***	0,1719
ln(skarvar)^2	0,1258**	0,0505	0,4857***	0,0864
D. Betongslipers	-0,2219*	0,1278	-0,5199**	0,2364
ln(antal tåg)ln(rälsvikt)	-	-	2,0728	1,3538
ln(antal tåg)ln(kvalitetsklass)	-	-	-0,5896*	0,3433
ln(antal tåg)ln(skarvar)	-	-	0,0678	0,0790
ln(antal tåg)D. betongslipers	-	-	-0,5050**	0,2398
ln(rälsvikt)ln(kvalitetsklass)	-1,2315	1,3573	4,8790	3,9534
ln(rälsvikt)ln(skarvar)	0,1492	0,4622	-0,1446	1,3022

	Probit regression – steg 1		Trunkerad regression – steg 2	
	Koefficient	Standardfel	Koefficient	Standardfel
ln(rälsvikt)D. betongslipers	-	-	12,6388*	6,6935
ln(kvalitetsklass)ln(skarvar)	-0,1316	0,1229	-0,0636	0,3599
ln(kvalitetsklass)D. betongslipers	-	-	-1,5622	1,1184
ln(skarvar)D. betongslipers	-	-	-0,1429	0,2249
D. Region Norr	0,2338	0,1547	0,2225	0,2651
D. Region Mitt	-0,1392	0,1157	-0,6502***	0,2370
D. Region Syd	-0,0257	0,1101	-0,3519	0,2150
D. Region Öst	-0,1141	0,1176	-0,0774	0,2334
D. stationsbandel	0,7174***	0,1719	0,2524	0,3256
D. år 2000–2016	Ja		Ja	
Antal observationer	3434		2326	

*, **, ***: Statistisk signifikans på 10-, 5- respektive 1-procents nivå.

Kostnadselasticiteter med avseende på trafik för drift och underhåll samt reinvesteringar i Sverige presenteras i Tabell 9 respektive Tabell 10. Elasticiteterna för drift och underhåll är så kallade jämviktselasticiteter som baseras på koefficienterna för laggade kostnader (se ekvation 7), medan elasticiteterna för reinvesteringar är en sammanvägning av estimaten från *probit*-modellen och den trunkerade regressionen (se ekvation 10). Jämviktselasticiteten med avseende på trafik är 0.2640 och 0.3863 i Modell 1 respektive Modell 2. En anledning till skillnaden mellan dessa estimat är att det senare estimatet sannolikt påverkas av en så kallad *omitted variable bias*, eftersom vi har exkluderat förklaringsvariabler som korrelerar med både underhållskostnader och med trafik. I denna modell är det emellertid tydligt att kvalitetsklass fångar en del av den variation som de exkluderade variablerna fångar upp; interaktionstermen med kvalitetsklass i Modell 2 har en statistiskt signifikant jämviktselasticitet på 0.1979. Då elasticiteterna med avseende på trafik från Modell 2 är snedvridna p.g.a. en *omitted variable bias*, väljer vi att korrigera dessa baserat på den faktor som jämviktselasticiteten är överskattad ($0.3863/0.2640=1.4633$). Mer specifikt dividerar vi elasticiteterna från Modell 2 med 1.4633.

Tabell 9. Jämviktselasticiteter, drift och underhåll.

Jämviktselasticiteter	Modell 1		Modell 2		Modell 2 – bias- korrigerad
	Koefficien t	Standardfe l	Koefficien t	Standardfe l	Koefficien t
$d\ln K/d\ln(\text{antal tåg})$	0,2640***	0,0340	0,3863***	0,0384	0,2640
$d^2\ln K/d\ln(\text{antal tåg})d\ln(\text{antaltåg})$	0,1323***	0,0272	0,1663***	0,0545	0,1137
$d^2\ln K/d\ln(\text{antal tåg})d\ln(\text{kvalitetsklass})$	-	-	0,1979**	0,0844	0,1353

*, **, ***: Statistisk signifikans på 10-, 5- respektive 1-procents nivå.

För reinvesteringar är kostnadselasticiteten med avseende på trafik 0.5236, en elasticitet som varierar med avseende på kvalitetsklass (koefficienten är -0.5896).

Tabell 10. Elasticiteter, reinvesteringar.

Elasticiteter	Koefficient	Standardfel	[95% Konfidens intervall]
$d\ln K/d\ln(\text{antal tåg})$	0,5236***	0,1214	0,2856 0,7616
$d^2\ln K/d\ln(\text{antal tåg})d\ln(\text{kvalitetsklass})$	-0,5896*	0,3433	-1,2623 0,0832

*, **, ***: Statistisk signifikans på 10-, 5- respektive 1-procents nivå.

4.1 Kostnadselasticiteter og marginalkostnader for Norge

Resultatene frå både de modeller for drift- og underhøllskostnader som skattats for svenske forholdanden viser att ulike trafiknivåer påverkar storleken på kostnadselasticiteten. Resultatene frå den begrensade modellen viser dessutom att kvalitetsklasse/hastighet har en effekt på kostnadselasticiteten. Vi beræknar derfor kostnadselasticiteter for banområdene i Norge enligt ekvation (11), dvs. med estimat baserte på skattningar gjennomførte på svenske data og med informasjon om tågdensitet og hastighet i ulike banområdene i Norge. Kostnadselasticiteter for Norge baserte på Modell 1 varierer endast med trafiknivåer i ulike områdene i Norge, medan elasticitetene baserte på Modell 2 òg varierer med hastigheten i desse områdene. Noter att elasticitetene frå Modell 2 er korrigerede basert på den faktor som jømviktselasticiteten er øverskattad ($0.3863/0.2640=1.4633$) (p.g.a. en *omitted variable bias*).

I skattningen av reinvesteringmodellen er parametere for ande ordningens effekt av trafik ej statistisk signifikant (p-værdet = 0.701). Vi vølger derfor att inte inkludere denne effekt i beræknningen av elasticiteter for Norge. Dæremot tar vi hønsyn till att kostnadselasticiteten varierer beroende på kvalitetsklasse/hastighet (korselasticiteten er -0.5896 og statistisk signifikant).

Kostnadselasticiteter for områdene i Norge som er læmplige att anvænde i beræknningen av norske marginalkostnader redovises i Tabell 11. Følgende er en eksempelberæknning for område Midt, basert på ekvation (11) og på resultatene frå Modell 2, samt norske data i Tabell 1 og Tabell 2 (medelværdet for trafik 2014–2018):

$$\begin{aligned} \text{Kostnadselasticitet}_{\text{Midt}} &= \frac{\hat{\beta}_Q}{1 - \hat{\beta}_1} + \frac{\hat{\beta}_{QQ}}{1 - \beta_1} \cdot \ln\left(\frac{\text{Trafik}_{\text{Midt}}^{\text{Norge}}}{\text{Med}(\text{Trafik}^{\text{Norge}})}\right) + \frac{\hat{\beta}_{IQ}}{1 - \hat{\beta}_1} \\ &\cdot \ln\left(\frac{\text{hastighet}_{\text{Midt}}^{\text{Norge}}}{\text{Med}(\text{hastighet}^{\text{Norge}})}\right) \\ &= 0.2640 + 0.1137 \cdot \ln\left(\frac{3863}{8229}\right) + 0.1353 \cdot \ln\left(\frac{95.73}{94.54}\right) \end{aligned}$$

Noter att $\text{Med}(\text{Trafik}^{\text{Norge}})$ og $\text{Med}(\text{hastighet}^{\text{Norge}})$ er medianværdene for trafik respektive hastighet i Norge (i modellskattningene på svenske data divideres variablene med dess medianværdene då dette gør att vi undviker problem med multikollinearitet når vi anvænder interaktionstermer og ande ordningens termer, vilket kan ge høge standardfeil, samt p.g.a. att første ordningens koeffisienter dærmeg kan tolkes som estimat vid urvælets median).

Tabell 11. Kostnadselasticiteter med avseende på trafik for områdene i Norge, drift, underhøll og reinvesteringer.

Område	Elasticiteter for drift og underhøll		Elasticiteter for reinvesteringer
	Modell 1	Modell 2 ^a	
Midt	0,1630	0,1790	0,5162
Nord	0,1178	0,1501	0,4725
Oslokorridoren	0,5181	0,4956	0,4659
Sør	0,2638	0,2560	0,5579
Vest	0,2642	0,2542	0,5670
Øst	0,3690	0,3526	0,5311

^a Baserte på elasticiteter med avseende på trafik som er bias-korrigerede med faktor 1.4633.

Som framgår av ekvation (1) kan marginalkostnaden beräknas genom att multiplicera genomsnittskostnaden (kostnad per trafikenheter) med kostnadselasticiteten med avseende på trafik. Marginalkostnaden för varje banområde (ρ) och år (t) beräknas därmed enligt

$$MK_{ot} = \hat{\gamma}_{ot} \cdot \frac{K_{ot}}{Qkm_{ot}} \quad (12)$$

där $\hat{\gamma}_{ot}$ är den beräknade (jämvikts)elasticiteten, och $\frac{K_{ot}}{Qkm_{ot}}$ är genomsnittskostnaden.

Slutligen väljer vi att även beräkna en viktad marginalkostnad för hela järnvägsnätet i Norge. En avgift som baseras på denna marginalkostnad ger samma intäkt som en avgift baserad på varje banområdes individuella marginalkostnad.

$$MK^{V1} = \sum_{ot} MK_{ot} \cdot \frac{Qkm_{ot}}{\sum_{ot} Qkm_{ot}} \quad (13)$$

I Tabell 12 presenteras genomsnittskostnader för drift, underhåll och reinvesteringar. Banområde Nord har de högsta genomsnittskostnaderna, medan Oslokorridoren har de lägsta. Här kan noteras att det omvända förhållandet gäller för antal tågakilometer (se Tabell 2). Givet kostnadselasticiteter med avseende på trafik som är under 1 har vi genomsnittskostnader som sjunker med trafikmängden. Med andra ord är det stordriftsfördelar som kan förklara (en del av) skillnaderna i genomsnittskostnader mellan Oslokorridoren och område Nord.

Tabell 12. Genomsnittskostnader för drift, underhåll och reinvesteringar, NOK (2019 års priser)

Område	Genomsnittskostnader (kostnad per tågakilometer)		
	Drift och underhåll	Reinvestering	Totalt
Midt	84,73	92,44	177,17
Nord	141,93	158,05	299,98
Oslokorridoren	39,04	34,14	73,19
Sør	65,02	70,04	135,06
Vest	72,27	105,69	177,95
Øst	46,84	65,51	112,36
Totalt	57,44	63,73	121,18

Marginalkostnader per banområde och viktade marginalkostnader för hela järnvägsnätet i Norge presenteras i Tabell 13. För drift och underhåll har vi använt kostnadselasticiteterna från Modell 2, dvs. elasticiteter som varierar med avseende på tillåten hastighet (kvalitetsklass) (se Tabell 11). Område Nord har de högsta marginalkostnaderna för drift och underhåll, vilket främst kan förklaras med dess relativt höga genomsnittskostnader.

Tabell 13. Marginalkostnader per tågakilometer för drift, underhåll och reinvesteringar, NOK (2019 års priser).

Område	Marginalkostnader per tågakilometer		
	Drift och underhåll	Reinvestering	Totalt
Midt	15,16	47,72	62,88
Nord	21,30	74,68	95,98
Oslokorridoren	19,35	15,91	35,26
Sør	16,64	39,08	55,72

Område	Marginalkostnader per tågakilometer		
	Drift og underhåll	Reinvestering	Totalt
Vest	18,37	59,92	78,29
Øst	16,51	34,80	51,31
Totalt (viktad, ekvation (13))	18,08	32,74	50,82

Før reinvesteringar er variationen i marginalkostnader mellom områden betyddigt større, og her sticker Oslokorridoren ut med den lägsta marginalkostnaden (15.91 NOK per tågakilometer), samtidig som område Nord har den högsta (74.68 NOK per tågakilometer). Den relativt korta tidsserien kan vara en delförklaring till den stora variationen i kostnader för reinvesteringar, og till viss del även variationer i kostnader för drift og underhåll som är beroende av hur lång tid som passerat (trafik som har ackumulerats) sedan den senaste reinvesteringen. Det är exempelvis inte ovanligt med ett intervall på 20 år mellom spårbyten (beroende på framförallt trafikmängd).

5. Slutsats

I denna rapport har marginalkostnader för Norge beräknats genom att kombinera norske og svenske data. För att ta fram samband mellom trafik og kostnader för drift, underhåll og reinvesteringar behövs data för dessa variabler, samt information om infrastrukturens egenskaper. Fler observationer ger bättre möjlighet att ta fram robusta og tillförlitliga samband. Då tillgängliga data från det norske jernvægsnetet är begrenset har svenske data använts för att skatta samband mellom trafik og kostnader, dvs. kostnadselastisiteter. De skattade kostnadselastisiteterna för trafikken varierar med avseende på kvalitetsklasse (tillåten hastighet) og trafikmängd. Denna variation har använts tillsammans med tillgängliga data från Norge för att ta fram kostnadselastisiteter som är relevante för Norges banområden: Midt, Nord, Oslokorridoren, Sør, Vest, og Øst.

Marginalkostnader per tågakilometer för varje banområde har beräknats genom att multiplicera kostnadselastisiteterna för respektive banområde med dess genomsnittskostnad. Variationen i marginalkostnader för drift og underhåll mellom ulike områden är liten i förhållande till variation i marginalkostnader för reinvesteringar. Den viktade marginalkostnaden för Norges jernvægsnet er 18.08 NOK för drift og underhåll og 32.74 NOK för reinvesteringar, vilket innebær en total marginalkostnad på 50.82 NOK per tågakilometer.

Det bør noteras at det finns vissa osikkerheter kring overførbarheten av svenske kostnadselastisiteter till Norge og dermed osikkerheter i de norske marginalkostnaderna. En anledning er at kostnadselastisiteterna i Sverige varierar med avseende på kvalitetsklasser, där skillnaderna i tillåten hastighet inte er linjær for de ulike klasserna. Det påverkar overførbarheten till norske forholdanden eftersom vi anvænder den tillåtna hastigheten i Norge når vi beræknar en kostnadselastisitet for Norge. Generellt kan elastisiteterna som baseras på svenske data se annorlunda ut i Norge, beroende på eksempelvis underhållsstrategi, egenskaper hos de tågfordon som trafikerar banorna (boogie, axellast, etc.) eller egenskaper hos infrastrukturen.

Slutligen kan næmnas at det finns anledning at variere banavgifterna efter jernvægsfordonens egenskaper og vikt. Eksempelvis har vagnernas boogie og axellast en betydelse for nedbrytning av spæren (se eksempelvis Öberg et al. (2007), Smith et al. (2016) og Odolinski (2019)). En berækning av relevante marginalkostnader stæller dock ænnu hœgre krav på datatilgæng. I detta fall behövs oppgifter om tågens egenskaper og bruttovikt (helst bruttovikt per axel), hvilket inte var tilgængligt vid framtagandet av denna studie.

Referenser

- Andersson, M., 2008. Marginal railway infrastructure costs in a dynamic context. *EJTIR*, 8, 268-286.
- Banverket, 1997. Spårlägeskontroll och kvalitetsnormer – Central mätvagn STRIX. Föreskrift, BVF 587.02., 1997-08-18.
- Christensen, L.R., Greene, W.H., 1976. Economies of scale in U.S. electric power generation. *Journal of Political Economy*, 84(4), 655-676.
- Christensen, L.R., Jorgensen, D.W., Lau, L.J., 1971. Conjugate Duality and the Transcendental Logarithmic Production Function. *Econometrica*, 39(4), 225-256.
- Link, H., Stuhlehemmer, A., Haraldsson, M., Abrantes, P., Wheat, P., Iwnicki, S., Nash, C., Smith, A.S.J., 2008. CATRIN (Cost Allocation of TRANsport INfrastructure cost). Deliverable D 1, Cost allocation Practices in European Transport Sector. VTI, Stockholm (March 2008).
- Munduch, G., Pfister, A., Sögner, L., Siassny, A., 2002. Estimating Marginal Costs for the Austrian Railway System. Vienna University of Economics & B.A., Working Paper No. 78, February 2002.
- Nilsson, J-E., Odolinski, K., 2018. Marginalkostnader för reinvesteringar i järnvägsanläggningar: En delrapport inom SAMKOST 3. CTS Working paper 2018:22, Centre for Transport Studies: Stockholm. https://www.cts.kth.se/polopoly_fs/1.862987!/CTS2018-22.pdf
- Odolinski, K., 2018. Marginalkostnader för järnvägsunderhåll: Trafikens påverkan på olika anläggningar. CTS Working paper 2018:24, Centre for Transport Studies: Stockholm. https://www.cts.kth.se/polopoly_fs/1.865215!/CTS2018-24.pdf
- Odolinski, K., Nilsson, J-E. 2017. Estimating the marginal maintenance cost of rail infrastructure usage in Sweden; does more data make a difference? *Economics of Transportation*, 10, 8-17. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2017.05.001>
- Odolinski, K., Wheat, P. 2018. Dynamics in rail infrastructure provision: Maintenance and renewal costs in Sweden, *Economics of Transportation*, 14, 21-30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2018.01.001>
- Odolinski, K., Boysen, H.E., 2019. Railway line capacity utilization and its impact on maintenance costs. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 9, 22-33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2018.12.001>
- Smith, A.S.J., Odolinski, K., Nia, S.H., Jönsson, P-A., Stichel, S., Iwnicki, S., Wheat P., 2016. Estimating the marginal cost of different vehicle types on rail infrastructure. CTS working paper 2016:26. Centre for Transport Studies: Stockholm.
- StataCorp 2011. Stata Statistical Software: Release 12. College Station, TX: StataCorp LP.
- Wheat, P., Smith, A.S.J., 2008. Assessing the Marginal Infrastructure Maintenance Wear and Tear Costs for Britain's Railway Network, *Journal of Transport Economics and Policy*, 42(2), 189-224.
- Wheat, P., Smith, A.S.J., Nash, C., 2009. CATRIN (Cost Allocation of Transport Infrastructure cost). Deliverable 8 – Rail Cost Allocation for Europe. VTI, Stockholm.
- Wheat, P., 2015. The Sustainable Freight Railway: Designing the Freight Vehicle-track System for Higher Delivered Tonnage with Improved Availability at Reduced Cost SUSTRAIL', Deliverable 5.3: Access Charge Final Report Annex 4, British Case Study.
- Windmeijer, F., 2005. A finite sample correction for the variance of linear efficient twostep GMM estimators. *J. Econ.* 126, 25–51.
- Öberg, J., Andersson, E., Gunnarsson, J., 2007. Track Access Charging with Respect to Vehicle Characteristics, Second edition. Rapport LA-BAN 2007/31, Banverket.

DEL 6

KØKOSTNADER

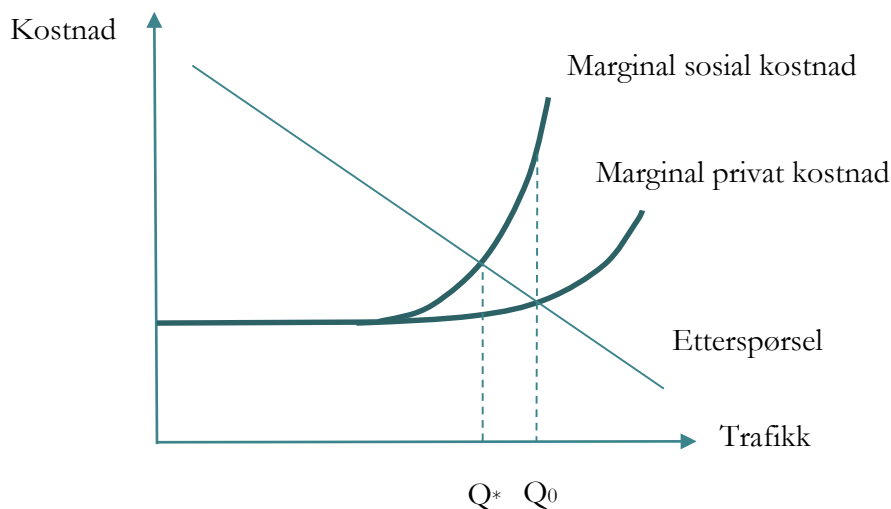
15 Om køkostnader

Med kø mener vi her forventet kø, det vil si kø som oppstår når trafikkmengden overstiger den begrensede kapasiteten til transportnettverket (lenken). Vi tar her ikke hensyn til uventet kø som skyldes veiarbeid, værforhold eller andre faktorer som trafikantene ikke har kontroll over. Vi mener at denne typen kø ikke er relevant for de gjeldene beregningene av eksterne kostnader, spesielt ut fra et reguleringshensyn, ettersom det er utenforliggende forhold og ikke bilistenes atferd som skaper uventet kø.

Køkostnadene er tids- og stedsavhengige. Ved trengsel vil en ekstra bil på nettverket (eller på lenken) medføre at hastigheten på nettverket reduseres, og dermed at både bileierens egen tidsbruk og andre bileieres tidsbruk til transport øker. Våre beregninger tar utgangspunkt i et årsdøgn og vurderer hvordan en marginal endring i årsdøgntrafikken påvirker reisetiden. Det antas at rundt 90 prosent av trengselskostnadene er knyttet til økt reisetid (Maibach et al., 2008). De resterende kostnadene er knyttet til (Ibid., 2008):

- Kjøretøyenes driftskostnader (depresiering av kjøretøy og personalkostnader)
- Ubekvemhetskostnader
- Økte drivstoffkostnader
- Upålitelighet

Det er vanlig å justere enhetsprisene (tidsverdiene) i forhold til ”normale” tidsverdier for å fange opp ekstrakostnadene knyttet til økte driftskostnader, ubekvemhet og upålitelighet ved kø. Dette gjøres også i våre beregninger. Ettersom endringen i drivstofforbruket ved kjøring er tatt hensyn til i analysene av utslipp til luft har vi valgt å holde økte drivstoffkostnader knyttet til kjøring utenfor i beregningene av køkostnader. Dette er i henhold til framgangsmåten i Thune-Larsen mfl. (2014).



Figur 15.1: Køkostnader

Prinsippet bak køkostnader kan illustreres ved hjelp av Figur 16.1. Figuren forklarer at ved et visst trafikkvolum oppstår det en økning i trafikantenes reisetider. Dette inntreffer hvor marginal sosiale og private kostnader går fra å være konstant til økende i trafikkvolumet. Siden den enkelte trafikant ikke tar hensyn til andres reisetider i sin beslutningstaking betyr det at den opplevde kostnaden av kjøring blir for lav sett mot samfunnets totale kostnader. Det oppstår med andre ord et gap mellom private og sosiale kostnader, noe figuren viser. Den privatøkonomiske beslutningen vil være å tilpasse seg i Q_0 , hvor den private kostnaden er lik den marginale nytten av å kjøre. Den eksterne kostnaden er i dette tilfellet gitt ved avstanden mellom marginal sosial og privat kostnadskurve i punktet Q_0 . Den optimale tilpassingen er i punktet Q^* , hvor den marginale nytten av å kjøre en ekstra kilometer er lik den marginale sosiale kostnaden. Differansen mellom marginal sosial og privat kostnadskurve i punktet Q^* er den optimale vegprisen i dette tilfellet. Vårt oppdrag er å analysere gjeldende marginale eksterne kostnader og ikke optimal vegpris, men våre estimater kan benyttes til å vurdere om dagens avgiftssatser er i henhold til disse kostnadene.

Selv om dette kapitlet er motivert som en studie av kostnadsøkninger som følge av at trafikkmengden øker marginalt, kan kostnadsestimaterne også kan tolkes som en kostnadsbesparing ved å redusere trafikken med ett kjøretøy. Dette gjelder ikke generelt, men skyldes at vi benytter «glatte» funksjoner til å studere sammenhengen mellom trafikkmengde og reisetid. Når dette ikke er tilfelle, eksempelvis når det benyttes stykkevis lineære funksjoner, vil generelt ikke høyre- og venstrederivert være identisk. Dermed er heller ikke kostnadsøkningen nødvendigvis lik kostnadsbesparelsen ved en marginal endring i trafikkvolumet.

16 Analytisk modell

I beregningene studerer vi endringen i kostnader knyttet til reisetid som følge av at det kommer inn et ekstra kjøretøy på en representativ lenke. Denne endringen kan tolkes som en endring i årsdøgntafikk. Siden trafikken varierer over dagen vil kostnadsendringen avhenge av i hvilket tidsrom den marginale endringen i trafikkvolumet inntreffer. På tider med liten trafikk vil endringen gi liten eller ingen kostnadsendring, mens kostnadene kan bli høye på tidspunkter med mye trafikk. I tillegg til å være tidsbestemte er køkostnadene også lokale virkninger som er avhengig av veginfrastrukturen sine karakteristika og kapasitet. Våre beregninger tar derfor hensyn til hvordan køkostnadene endrer seg over døgnet og etter antall kjørefelt på veien.

I økonomisk modellering er det til enhver tid nødvendig å fokusere på de sammenhengene som er sentrale for problemet man studerer: Modellen vår fokuserer derfor utelukkende på antall kjøretøy på nettverket og reisetidskostnader. Samtidig vet vi at faktorer som generaliserte reisekostnader og spesielt innføringen av rushtidsdifferensierte bompenger påvirker trafikkmengden. Utfordringen med å direkte ta hensyn til slike forhold i analysen er at det vil kreve en større og mer kompleks modell som tilslører vårt hovedfokus, nemlig køkostnadene. Vår strategi er derfor å etablere et transparent og lettfattelig rammeverk for estimering av køkostnader som muliggjør betraktninger om hvorvidt de estimerte kostnadene er sammenliknbare med dagens rushtidssatser *ex post*.

Våre analyser er tuftet på det analytiske modellrammeverket fra Li (2002). Analysene legger til grunn at fart og reisetid avhenger av antall kjøretøyer som trafikkerer en strekning i løpet av en gitt tidsperiode. Vi legger ulike vegstrekninger (indeksert $s=1,\dots,S$) på en kilometer til grunn for analysen vår. Strekningene er delt inn etter fartsgrense og antall kjørefelt i hver retning. La $y_{st} = y_{st}^{lette} + y_{st}^{tunge}$ betegne antall kjøretøy på vegstrekning s i løpet av et 5-minutt langt tidsintervall klokken t . Vi studerer med andre ord *kostnadene ved at trafikken på en lenke øker med ett kjøretøy i løpet av en periode på 5 minutter*. I den empiriske analysen vurderer vi videre hvordan denne kostnaden endrer seg over døgnet for utvalgte tellepunkter lokalisert i de største byene.

Vi observerer fart og reisetid på strekningene. La l_{st} være reisetiden og v_{st} være kjøretøyenes hastighet (målt i km/t) på strekning s på tidspunkt t . Kjøretiden per kilometer er da $l_{st} = (1/v_{st})$ på denne strekningen. Trafikkteorien postulerer en sammenheng mellom vegens kapasitet, trafikkmengde og reisetid. Vi representerer denne sammenhengen med funksjonene $v_s(y_{st})$ for hver lenke s . I den empiriske analysen skiller vi hovedsakelig mellom 2- og 4-feltsveger.

La tidsverdiene til lette og tunge kjøretøy defineres som henholdsvis p^{lette} og p^{tunge} . De totale tidskostnadene knyttet til ferdsel på lenke s på tidspunkt t kan da defineres som:

$$TK_{st} = \frac{p^{lette} y_{st}^{lette} + p^{tunge} y_{st}^{tunge}}{v_s(y_{st}^{lette} + y_{st}^{tunge})} \quad (1)$$

Ved å skrive om telleren

$$\begin{aligned}
 p^{lette} y_{st}^{lette} + p^{tunge} y_{st}^{tunge} &= \left(p^{lette} \frac{y_{st}^{lette}}{y_{st}^{lette} + y_{st}^{tunge}} + p^{tunge} \frac{y_{st}^{tunge}}{y_{st}^{lette} + y_{st}^{tunge}} \right) (y_{st}^{lette} + y_{st}^{tunge}) \\
 &= (p^{lette} (1 - a^{tunge}) + p^{tunge} a^{tunge}) (y_{st}^{lette} + y_{st}^{tunge}) \\
 &= p y_{st}
 \end{aligned} \tag{2}$$

hvor a^{tunge} angir tungbilandel kan vi skrive TK enklere som

$$TK_{st} = \frac{p y_{st}}{v_s(y_{st})} \tag{3}$$

Endringen i disse kostnadene ved et ekstra kjøretøy (som er identisk med en ekstra kjøretøykilometer siden strekningen er 1 km lang) finner vi ved å derivere TK . For enkelhets skyld behandler vi alle kjøretøy samlet i det videre, heller enn å derivere spesifikt for tunge og lette kjøretøy. Dette skyldes spesielt at funksjonene $v_s(y_{st})$ generelt ikke er utviklet for å skille mellom lette og tunge kjøretøy, noe vi kommer tilbake til. Dette betyr altså at vi ser bort fra at den sammensatte tidsverdien p endres med en *neglisjerbar* størrelse når det kommer inn et ekstra lett eller tungt kjøretøy (dvs., når tungbilandelen endres). Det marginale tidstapet til alle trafikanter er da gitt ved:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial TK_{st}}{\partial y_{st}} &= \frac{p v_s(y_{st}) - \frac{\partial v_s}{\partial y_{st}} p y_{st}}{v_s(y_{st})^2} \\
 &= \left(1 - \frac{\partial v_s}{\partial y_{st}} \frac{y_{st}}{v_s(y_{st})} \right) \frac{p}{v_s(y_{st})} \\
 &= (1 - \varepsilon_{st}) \frac{p}{v_s(y_{st})}
 \end{aligned} \tag{4}$$

hvor ε_{st} er reisetidselastisiteter som er økende i trafikkvolumet og p/v_s er gjennomsnittlige kostnader per kilometer.

Vi antar at det marginale kjøretøyet kun tar hensyn til egne reisekostnader når det beslutter å kjøre eller ikke. De privatøkonomiske kostnadene per kilometer transport er da gitt ved

$$\begin{aligned}
 PK_{st} &= \frac{p}{v_s(y_{st})} \left(1 - \frac{\partial v_s}{\partial y_{st}} \frac{1}{v_s(y_{st})} \right) \\
 &= \frac{p}{v_s(y_{st})} \left(1 - \varepsilon_{st} \frac{1}{y_{st}} \right)
 \end{aligned} \tag{5}$$

Det vil si at det marginale kjøretøyet kun internaliser sin del av tidskostnadene som knytter seg til at det velger å kjøre på lenke s på tidspunkt t .

Vi kan nå utlede de marginale eksterne kostnadene ved å trekke de private kostnadene fra de marginale sosiale kostnadene. Uttrykket for de marginale eksterne kostnadene er gitt ved:

$$\frac{p}{v_s(y_{st})} \left(- \left(\frac{y_{st} - 1}{y_{st}} \right) \epsilon_{st} \right) \quad (6)$$

Likning (6) beskriver størrelsen på veiaksjonen som er nødvendig for at bilistene til enhver tid skal ta innover seg kostnadene ved tidstapene deres egen kjøring påfører andre bilister. Som uttrykket viser, vil veiaksjonen variere med trafikkmengden og vegens karakteristika.

17 Empirisk implementering

Som vist av (6) må vi ha informasjon om sammenhengen mellom fart og trafikkvolum, samt tidsverdier for å kunne beregne de marginale køkostnadene. Vi diskuterer disse i det følgende.

17.1 Tidsverdier

Vi henter tidsverdier for persontransport fra den nye verdsettingsstudien (Flügel et al., 2019), mens tidsavhengige kostnader for persontransport hentes fra Vegvesenets håndbok V712.

Tidsverdier for persontransport er oppgitt for henholdsvis bilfører og passasjer, for ulike typer reiser (arbeidsreiser, tjenestereiser og fritidsreiser) og reiselengder (under 70 km, 70-200 km og over 200 km).

Vi benytter andel av personbelegg for hver reisekategori fra håndbok V712 til å regne om fra tidsverdier per person til tidsverdier per kjøretøy. Deretter benyttes andel reiser innen hver distansekategori til å vekte opp til en samlet enhetspris per reiselengde. Til slutt benyttes et anslag på fordelingen av alle reiser mellom de tre reiselengdekategoriene til å lage en enkel enhetspris for lette kjøretøy til bruk i analysene.

Fordelingen av alle reiser mht lengde er ikke kjent. Et uttrekk fra Reisevaneundersøkelsen for 2014⁴³ indikerer at 96.7 prosent av alle reiser i datagrunnlaget er under 70 kilometer. Dette virker noe høyt. Vi benytter en skjønnsmessig inndeling på 90 prosent av reisene under 70 kilometer, 6 prosent av reisene er mellom 70 og 200 kilometer mens 4 prosent er satt til å være over 200 kilometer.

Flügel et al. (2019) benytter korreksjonsfaktorer for tid i kø til å fange opp ulempene som bilistene føler ved køkjøring. Det brukes først vektorer til å korrigere tidsverdiene til fri flyt-situasjonen. Dette innebærer at «normaltidsverdiene» vektet noe ned. Deretter benyttes ulempesvektor for reiser som foregår i moderat og sterk kø. Med moderat kø menes her kø i kategoriene C og D som definert i Statens vegvesens håndbok 159, mens sterk kø tilsvarende kategoriene E og F (dvs. ved sammenbrudd av trafikken). For tunge kjøretøy benyttes kun ulempesvektor for tjenestereiser ved justering av tidsverdi.

Tidsverdiene per kjøretøy som benyttes i analysen er gjengitt i Tabell 18.1. For å finne den vektete enhetsprisen p benyttes den gjennomsnittlige tungtrafikkandelen per 5-minutter per tellepunkt i den empiriske analysen. Vi beskriver tungtrafikk nærmere i kapittel 18.2.3. I henhold til gjeldende anbefalinger benyttes realprisjusteringer av tidsverdiene.

Tabell 17.1: Tidsverdier per kjøretøy (2019 NOK).

	Fri flyt	Moderat kø	Sterk kø
Lette kjøretøy	190	245	403
Tunge kjøretøy	775	853	1085

⁴³ Gjort av Berit Grue ved TØI 1. april 2019.

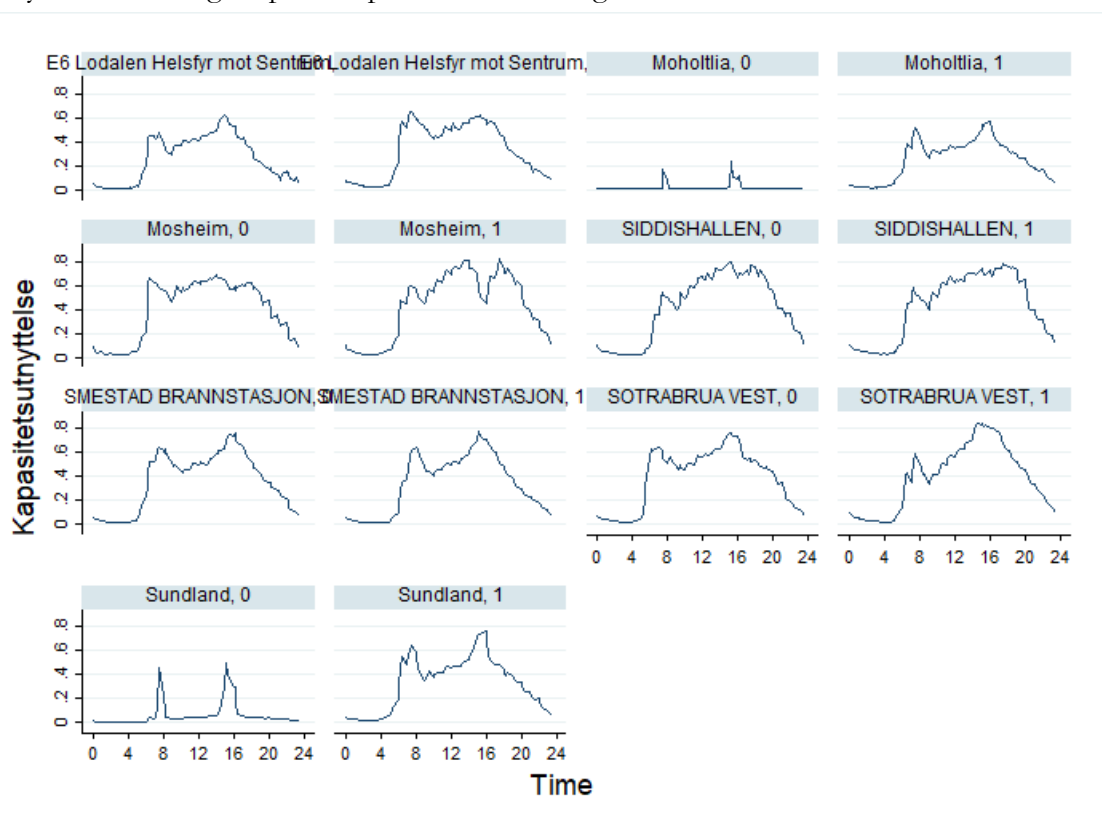
	Fri flyt	Moderat kø	Sterk kø
Vektet	248	306	471

For å kunne beregne grad av kø (moderat og sterk) benytter vi vektninger av trafikkvolumer relativt til punktet for sammenbrudd av trafikken, hentet fra Vegvesenets håndbok 159. Disse er gjengitt i Tabell 18.2.

Tabell 17.2: Kumulativ andel av trafikk relativt til trafikkenes sammenbrudd.

	Fart	Fri flyt	Moderat kø	Sterk kø
Tofeltsveg	40-80	0.00-0.32	0.33-0.58	0.58-1.00
Flerfeltsveg	70-80	0.00-0.56	0.57-0.72	0.73-1.00
Flerfeltsveg	90-100	0.00-0.65	0.66-0.80	0.81-1.00

I den empiriske analysen setter vi punktet for sammenbrudd lik den maksimale trafikken som observeres på hver strekning og retning som studeres. Gjennomsnittlig kapasitetsutnyttelse over døgnet per tellepunkt er vist av Figur 18.1.



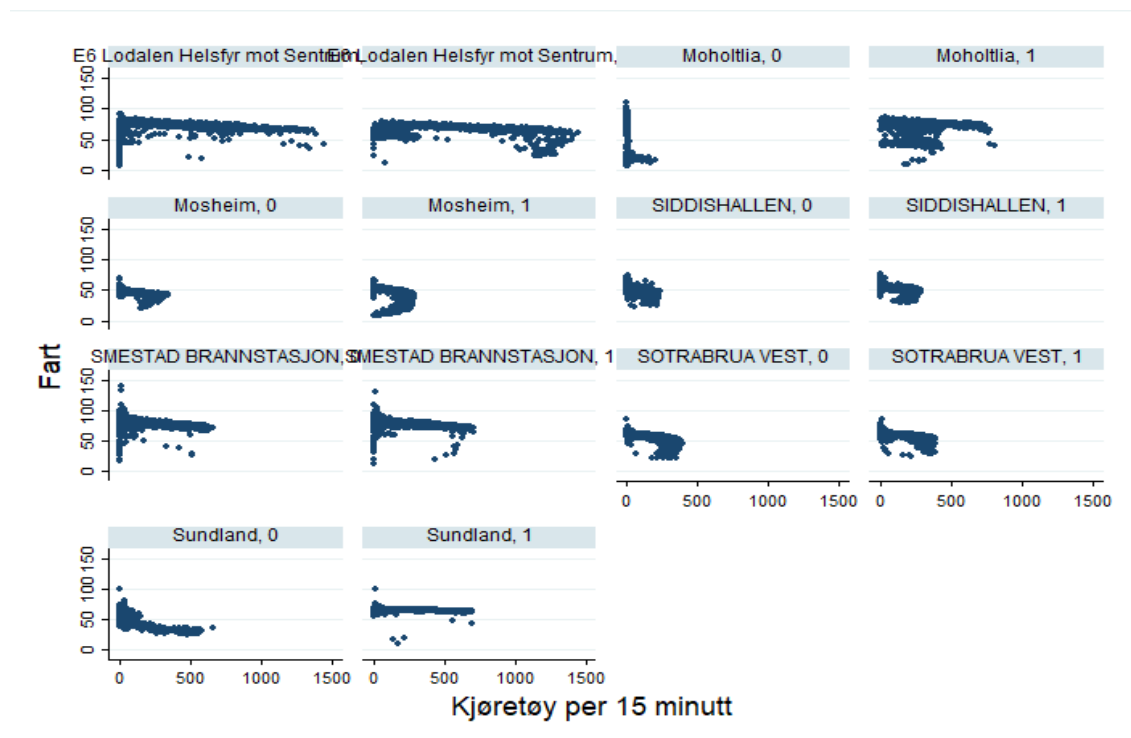
Figur 17.1: Kapasitetsutnyttelse over døgnet.

17.2 Køfunksjoner

Transportøkonomisk institutt har mottatt data fra 11 tellepunkter lokalisert i Oslo, Bergen (Knarvik), Stavanger og Trondheim i forbindelse med prosjektet. Tellepunktene er valgt ut av Transportøkonomisk institutt i samråd med Statens Vegvesen. Hovedkriterier for utvelgelsen er at tellepunktene befinner seg på en købelastet strekning, samt at det er tilstrekkelig variasjon i vegens attributter (skiltet fart, antall kjørefelt og vegkategori/vegfunksjon) som kan tillate å identifisere deres påvirkning på reisetider i en empirisk analyse.

Tellepunktdataen dekker ukene 14-17 i april 2018. Enkeltpasseringer ble utlevert fra Statens vegvesen, men ble aggregert til 15-minuttsintervaller i nettapplikasjonen tellepunkt.info. Rådataen kan lastes ned fra denne nettsiden, samt at fart- og trafikkmengdene per tellepunkt også kan visualiseres. Til sammen består grunnlagsdataen av 100 202 observasjoner av trafikk delt inn i 15-minuttsintervaller (som deles på tre for å utlede 5-minuttstrafikk). Vi følger anbefalingene i Vegvesenets håndbok 159 og slår sammen all trafikk i hver retning. Dette skyldes at de ulike feltene påvirker hverandre og man kan derfor ikke vurdere sammenhengen mellom trafikkvolumet og fart for hvert kjørefelt separat.

Trafikken deles inn etter 5 kategorier som beskriver lengden på kjøretøyene. Den første kategorien er kjøretøy under 5,6 meter, noe som vil betegnes som lette kjøretøy i de følgende. Figur 18.2 viser variasjonen i trafikkvolumer og kjøretøyenes hastigheter for de ulike tellepunktene i datasettet (etter retning).



Figur 17.2: Volum og fart for utvalgte tellepunkter.

17.2.1 Empiriske køfunksjoner

TØI har benyttet denne dataen til to formål; å kartlegge variasjonene i trafikk på normalt købelastede strekninger og til å estimere køfunksjoner. Vi benytter oss også av Sintef's arbeid med etablering av ny fartsmodell for kjøretøyer. Sintef har estimert køfunksjoner på et langt større datagrunnlag enn vårt og har sammenstilt resultatene for å utlede generelle køfunksjoner. Våre estimater er derimot spesifikke for tellepunktene vi studerer.

17.2.2 Sintef's køfunksjoner

De generelle køfunksjonene er estimert av Sintef (Hjelkrem et al., 2017) i forbindelse med deres arbeid med ny fartsmodell for kjøretøy. Funksjonene er gjengitt i tabell 5, s. 36 i Hjelkrem et al. sin rapport. Funksjonene er spesifikke for ulike vegtyper (2- og 4-feltsveger) og fartsgrenser. Alle funksjonene er på formen:

$$v_{st} = a + by_{st} + cy_{st}^2 \quad (7)$$

hvor a , b og c er parametere som er oppgitt i Sintefs rapport.

17.2.3 Egne estimeringer av køfunksjoner

Det har vært et ønske fra oppdragsgivers side at man skal synliggjøre kostnader knyttet til tungtrafikk i kø spesifikt. Det er flere grunner til at tunge kjøretøy kan bidra spesielt til forsinkelser (Hjelkrem et al., 2017):

- Redusert fart i motbakker
- Økt avstand til kjøretøyet foran (inngår i føreropplæring)
- Redusert toppfart på motorveier

Det fremgår av (7) at Sintefs funksjon ikke lar oss belyse dette forholdet. Dette er ikke spesielt for Sintefs utredning. Generelt inngår ikke tunge og lette kjøretøyer som separate variabler i en køfunksjon (Müller and Schiller, 2015).

17.2.3.1 Modifisert BPR-funksjon

Yun et al. (2005) var de første som foreslo en køfunksjon som tar hensyn til tungtrafikk. Deres modell modifiserer en kjent køfunksjon kalt BPR-funksjonen, og tar formen:

$$v_{st} = \frac{v_{0s}}{1 + \alpha(1 + T_{st})^\delta (y_{st} / c)^\beta} \quad (8)$$

Her er T tungtrafikkandelen (dvs. andel av biler under 5.6 meter av den totale trafikken per 5 minutter). v_{0s} er fri flyt farten på lenke s . Vi følger håndbok 159 og setter denne til gjennomsnittet av observert fart når vegens kapasitetsutnyttelse er under 7 prosent på tofeltsveger og under 30 prosent på flerfeltsveger. Dette tilsvarer servicenivå A. I beregningene følger vi Mtoi og Moses (2014) og normaliserer vegkapasiteten lik antall biler observert i det 99 prosentilet på hver av de s lenkene.

Vi kan skrive om modellen på følgende måte:

$$\frac{v_{0s} - v_{st}}{v_{st}} = \alpha(1 + T_{st})^\delta (y_{st} / c)^\beta \quad (9)$$

Hvis vi tar logaritmen og legger til et restledd får vi en lineær regresjonsmodell:

$$\ln\left(\frac{v_{0s} - v_{st}}{v_{st}}\right) = \ln \alpha + \delta \ln(1 + T_{st}) + \beta \ln(y_{st} / c) + \varepsilon \quad (10)$$

Vi estimerer denne modellen med minste kvadrats metode for hvert tellepunkt og retning i datasettet.

Vi har nå etablert et modellrammeverk som lar oss studere effekten av tunge biler generelt, men som ikke lar oss påpeke om ulike tyngdekategorier har ulik påvirkning på kø, noe oppdragsgiver ønsker. For å kunne belyse dette foreslår vi her en generalisering av Yun et al. sin funksjon. Vi foreslår å bytte ut tungtrafikkledet $(1 + T_{st})^\delta$ i Yun et al. sin funksjon med den mer generelle skalaren $e^{\lambda T_{st}}$. Dette tillater oss å dele tungtrafikkandelen inn i mellomtunge (T_M) og svært tunge kjøretøy (T_H). Funksjonen vi estimerer er:

$$v_{st} = \frac{v_{0s}}{1 + \alpha e^{\lambda_M T_{Mst} + \lambda_H T_{Hst}} (y_{st} / c)^\beta} \quad (11)$$

Vi har også tilpasset funksjonen hvor tungtrafikkandelen inngår generelt, dvs: $e^{\lambda T_{st}}$. Det er svært liten forskjell mellom resultatene til denne modellen og modellen som skiller mellom ulike grupper av tunge kjøretøy. Vi rapporterer derfor ikke resultatene fra alle modellene.

17.2.3.2 Modifisert Sintef-funksjon

Til sammenlikning estimerer vi også Sintefs kvadratiske funksjon, modifisert med en tilleggsvariabel (andelen tungtrafikk). Dette tillater at tungtrafikkandelen skifter konstantleddet til køfunksjonen.

$$v_{st} = a + by_{st} + cy_{st}^2 + dT \quad (12)$$

I likhet med Sintef benytter vi kun datapunkter før trafikkens sammenbrudd til estimeringen av funksjonen. Dette gjøres ved å kun ta med datapunkter hvor farten er større eller lik farten til observasjonen med høyest kapasitetsutnyttelse per tellepunkt og retning.

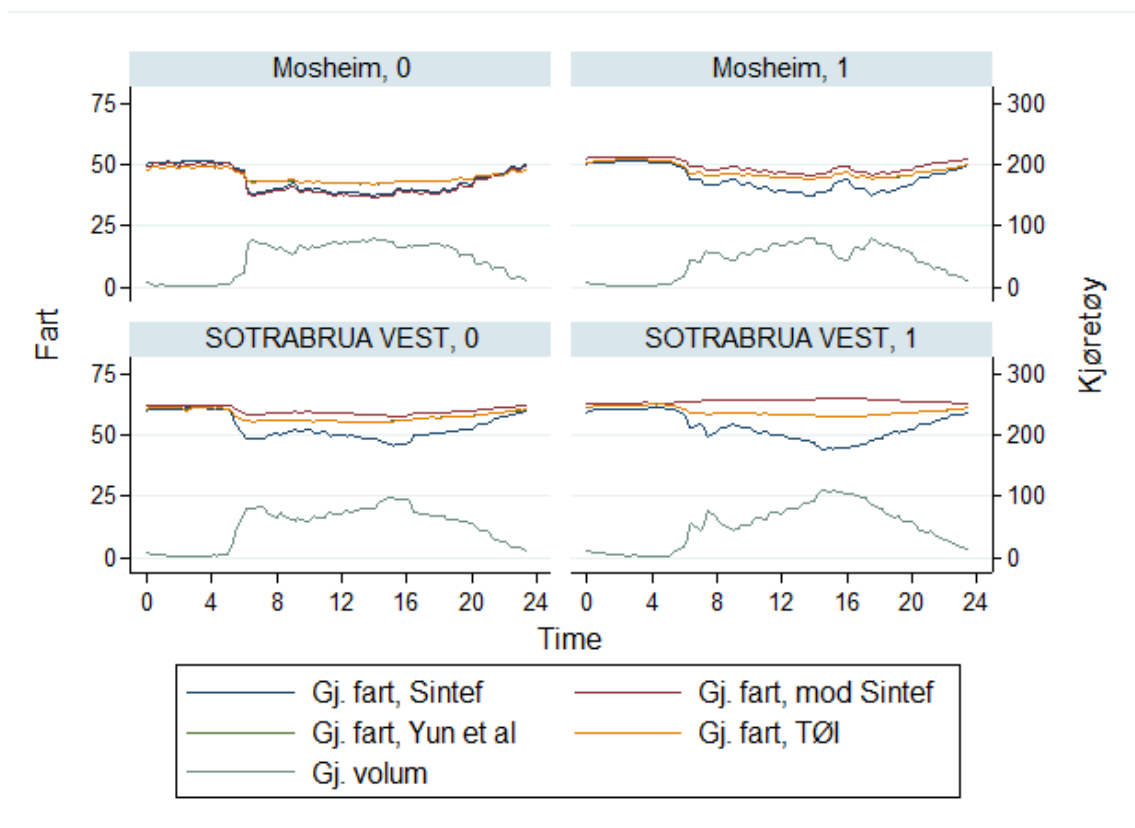
Tabeller med oversikt over alle parameterestimaterne er inkludert i vedlegget (kapittel **Vedlegg, Del 6 - Køkostnader.**).

18 Resultater

Vi vil i det følgende synliggjøre beregningene av fart, tidselastisiteter og marginale køkostnader.

18.1 Fartsberegninger

Funksjonene fra likningene (7), (8) og (11) benyttes til å vise variasjoner i trafikkvolumer og gjennomsnittlig fart over døgnet for de utvalgte tellepunktene. Figur 19.1 viser hvordan predikert fart varierer med gjennomsnittlig trafikkvolum over døgnet på 2-feltsveger.

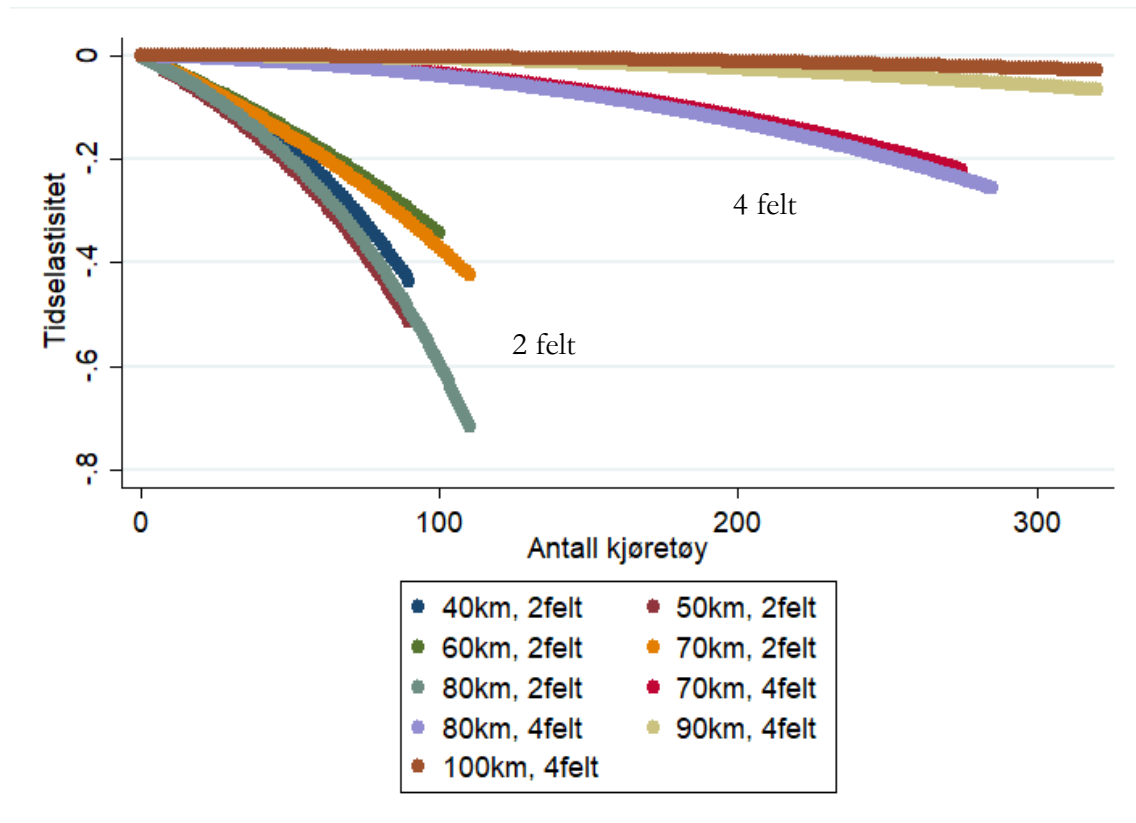


Figur 18.1: Døgnvariasjon i trafikkvolumer og fart.

Figuren synliggjør to forhold. For det første er fartsprediksjonene til Yun et al. (2005) og TØIs modifiserte modell hvor ulike grupper av tunge kjøretøyer inngår sammenfallende. Dette peker på at det er vanskelig å identifisere effektene av ulike kjøretøygrupper og følgelig at en finmasket inndeling i ulike kjøretøykategorier i liten grad påvirker resultatene. For det andre ser vi at Yun et al. (2005) og TØIs funksjoner responderer langt mindre på trafikkendringer enn Sintefs funksjoner. Dette kan henge sammen med at funksjonsformene er ulike, men påvirkes også av at funksjonene i ulik grad tar hensyn til tungtrafikk.

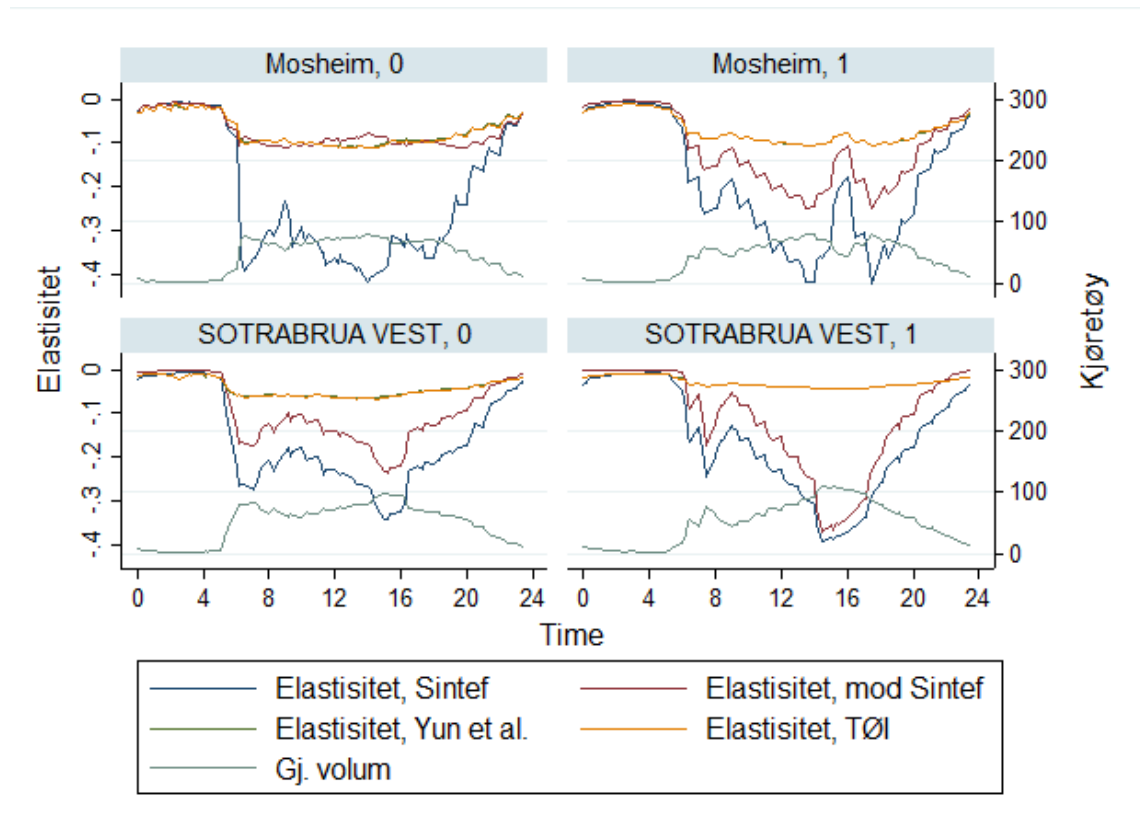
Den modifiserte Sintef-funksjonen framstår som noe mer elastisk, men heller ikke den responderer like kraftig på trafikk som Sintefs egen funksjon.

Funksjonene deriveres for å kunne utlede tidselastisiteten som inngår i likning (6). Figur 19.2 gjengir et plot av elastisitetene utledet på bakgrunn av Sintefs funksjon. Elastisitetene oppgis per vegkategori og for ulike volumer av trafikk i et 5-minutters intervall. Figuren synliggjør at fartsreduksjonen og dermed køkostnadene typisk avtar i vegens kapasitet.



Figur 18.2: Tidselastisitet etter trafikkvolum per 5. minutt og vegtype, Sintefs modell.

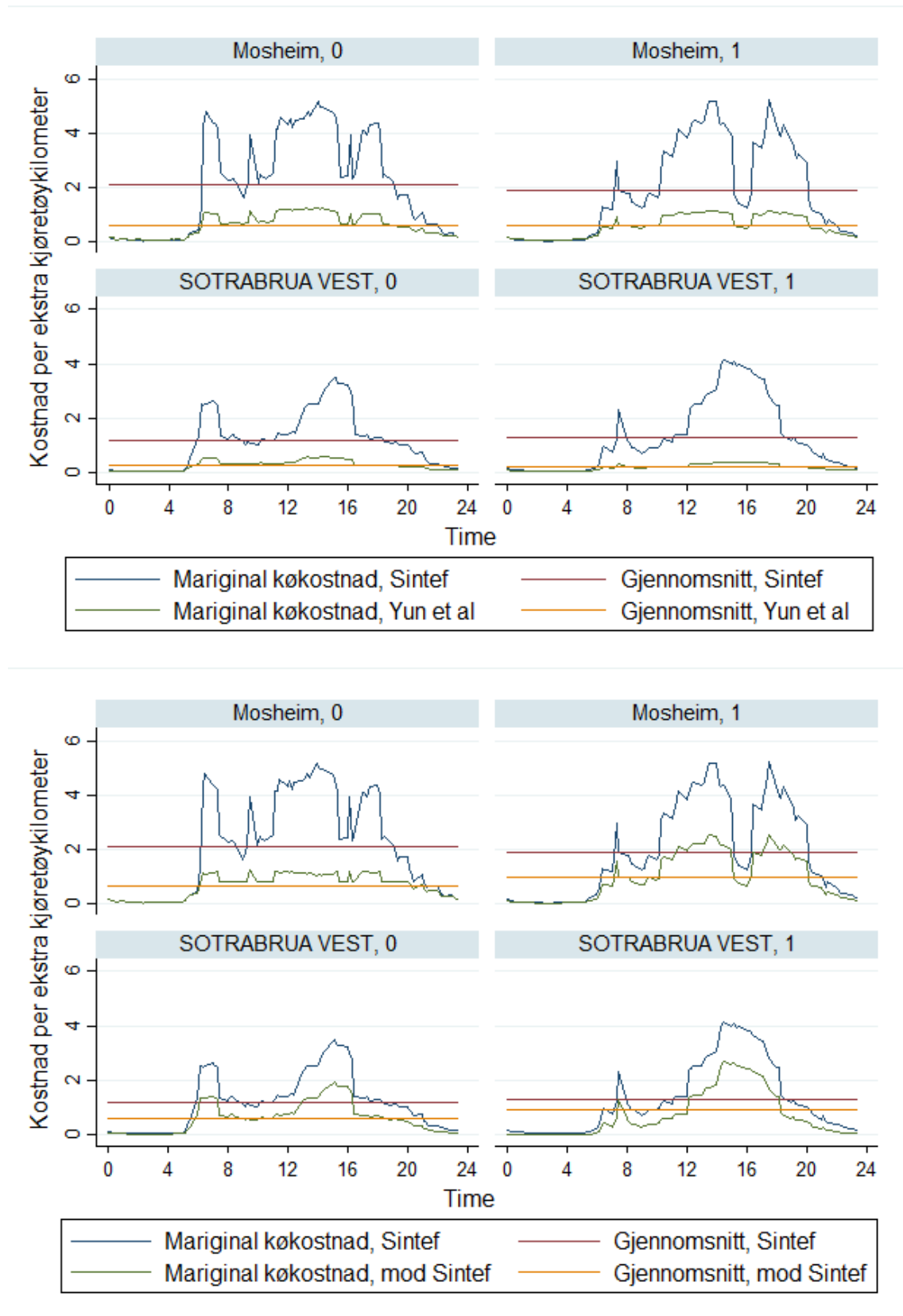
Figur 19.3 viser hvordan elastisiteten varierer over døgnet i forhold til de gjennomsnittlige trafikkmengdene observert på 2-feltsveger. Figuren synliggjør at Yun et al. (2005) sin modell og TØIs modifisering av denne modellen er langt mer inelastisk enn Sintefs modell. Sintefs egen modell er igjen mer elastisk enn den modifiserte Sintef-modellen.



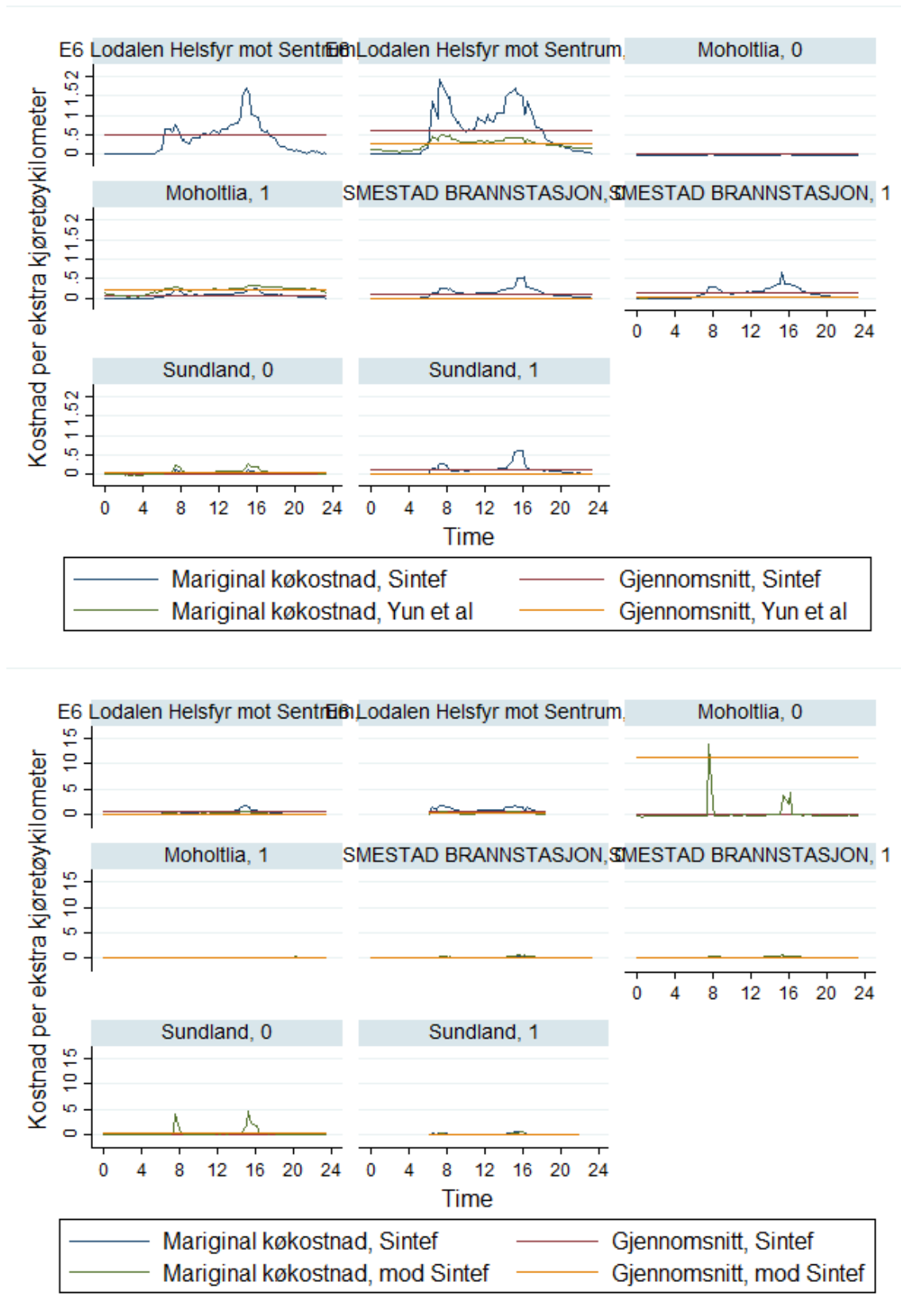
Figur 18.3: Variasjon i volum og tidselastisiteter.

18.2 Marginale eksterne kostnader

Vi anvender nå likning (6) sammen med de beregnede elastisitetene (synliggjort i Figur 19.3 for 2-feltsveger) til å beregne og å synliggjøre hvordan de marginale køkostnadene varierer over døgnet. Vi framstiller variasjonen for 2-feltsveger i Figur 19.4 og for 4-feltsveger i Figur 19.5. Vi konsentrerer oss om variasjonen i gjennomsnittstrafikk (årsdøgntrafikk) da dette er mest relevant for konsekvensanalyser i samferdselssektoren.



Figur 18.4: Døgnvariasjon i marginale køkostnader, 2-feltsveger.



Figur 18.5: Døgnvariasjon i marginale køkostnader, 4-feltsveger.

Våre beregninger synliggjør at marginale køkostnader per (gjennomsnittlige) kjøretøykilometer kan komme opp mot 5 (2019-)kroner for købelastede 2-feltsveger og opp mot 2

kroner for firefeltsveger dersom vi legger Sintefs modellrammeverk til grunn. Den gjennomsnittlige kostnaden per døgn ligger på rundt 2 kroner per kilometer for 2-feltsveger, men er neglisjerbar for de fleste 4-feltsvegene i datasettet. Dersom Yun et al. (2005) sitt modellapparat legges til grunn blir køkostnadene langt lavere også for 2-feltsveger. Den modifiserte Sintef-funksjonen tilsier maksimale køkostnader på rundt 2 kroner på tofeltsveger, men i ett tilfelle opp mot 15 kroner på en 4-feltsveg. Gjennomsnittlige kostnader er også lavere enn Sintefs kostnader

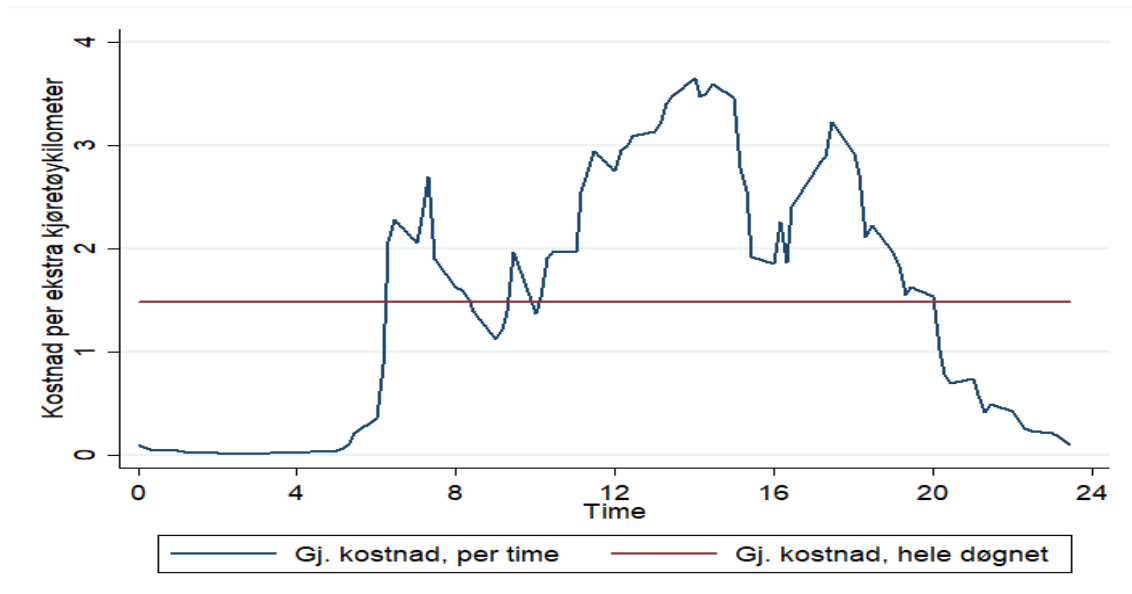
Modellen til Yun et al. (2005) og TØIs modifisering av denne modellen fremstår å gi svært inelastiske køfunksjoner. Generelt anbefaler vi å basere kostnadsvurderingen på Sintefs modellapparat siden det bygger på et langt bredere datagrunnlag og følgelig gir mer generelle køfunksjoner enn våre estimater.

Beregningene våre viser at køkostnadene er tids- og stedsavhengig, og at vegens kapasitet er avgjørende. Det er derfor vanskelig å angi en generell køkostnad. For å kunne gi en mer representativ køkostnad benytter vi fordelingen av kjørte kilometer med personbil i tettsteder som inngår Statistisk Sentralbyrås metodikk for beregning av utslipp til luft fra vegtransport (Holmgren and Fedoryshyn, 2015). Vi legger til grunn at motorveger og hovedveger er flerfeltsveger, mens øvrige veger er tofeltsveger. Videre sammenstiller vi innenfor relevante fartsgrenser. De utledede vektene for vegtypen i datasettet vårt er gitt av Tabell 19.1, som viser at 71,1 prosent av kjørte kilometer foregår på 2-feltsveier mens 28,3 prosent av kjørelengdene skjer på flerfeltsveier. Rundt 59 prosent av all kjøring skjer på 2-feltsveier med skiltet fart 50 eller lavere.

Tabell 18.1: *Vekter til utledning av gjennomsnittlige marginale kostnader: Fordeling av kjørte kilometer med personbil i tettsteder, etter skiltet fart og vegtype. Kilde: Holmgren og Fedoryshyn (2015)*

Vegtype/fart	-50	60	70	80+	Total (%)
2 felt	58,87	12,83			71,7
4 felt	2,46	24,59	0,49	0,76	28,3
Total	61,33	37,42	0,49	0,76	100

Et vektet snitt av gjennomsnittlig marginale køkostnader estimert med Sintefs modell brukt på alle observasjoner fra 2- og 4-feltsveger i datasettet angir en gjennomsnittlig marginal køkostnad på 1,5 kroner kilometeren. Gjennomsnittet per time varierer fra 0 kroner på natten til 3,70 kroner i ettermiddagsrushet, jf. Figur 19.6.



Figur 18.6: Vektet gjennomsnitt av marginale kostnader.

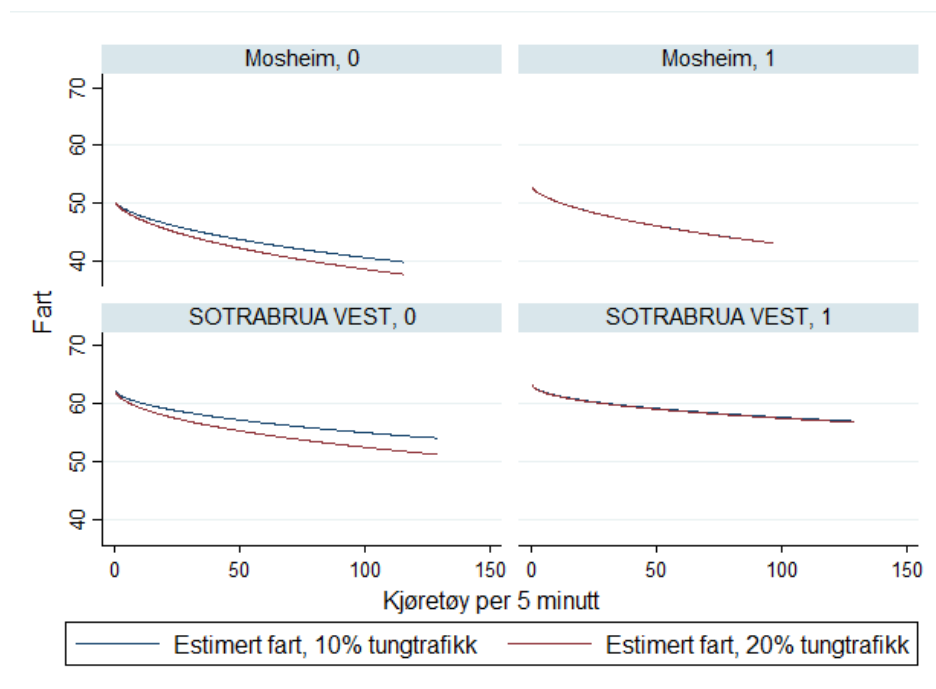
18.3 Internalisering av køkostnader

Rushtidsavgifter – en forhøyet bomavgift i rushtiden – er nå innført i flere av de store byene. Ulempen med dette instrumentet er at man kun betaler per passering og ikke per kilometer kjørt i kø. Dette vil typisk bety at korte turer vil betale mer enn sitt bidrag til køkostnadene, mens de som kjører lange turer til byen vil betale mindre enn sitt bidrag til køkostnadene. Legger vi kr. 3 til grunn for køkostnader per kilometer i rushtiden, vil en tur på 3,3 kilometer kjørt i kø internalisere de gjeldende rushtidssatsene i Oslo (10 kroner).

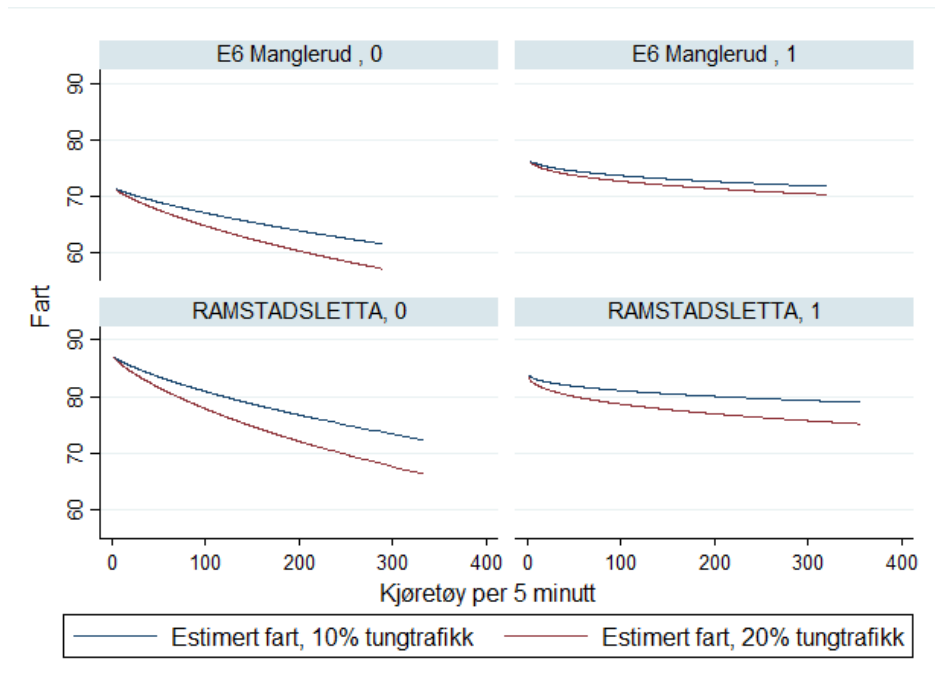
19 Tunge kjøretøyer

Beregningene har vist at det er vanskelig å kartlegge effekter av tunge kjøretøyer med hensyn til deres effekter for reisetiden. Vår anbefaling er å legge til grunn Sintef's modell i beregningen av køkostnader. Denne skiller ikke mellom lette og tunge kjøretøyer.

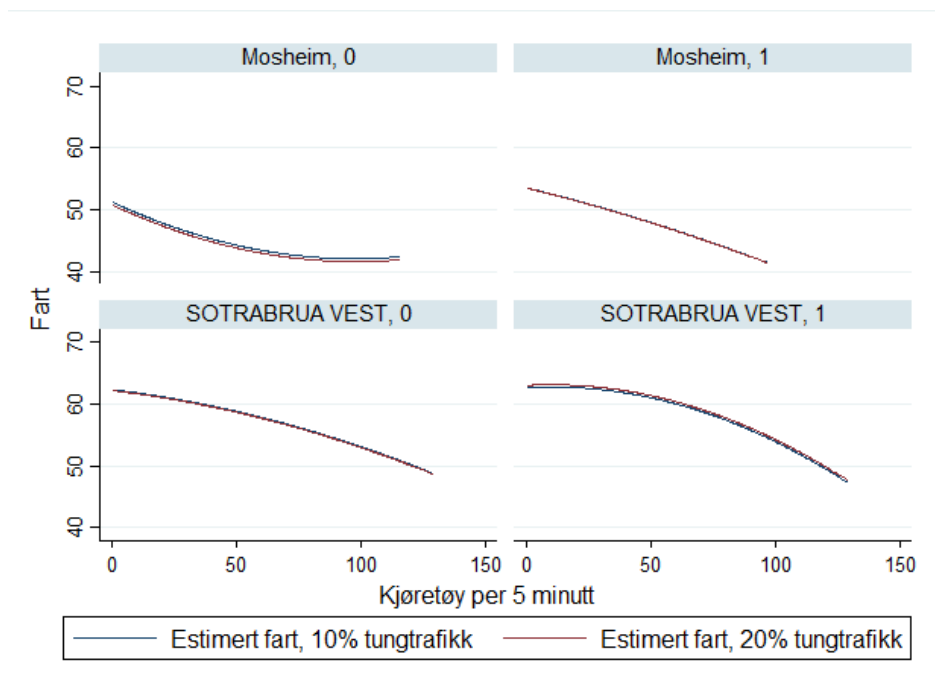
Det kan være fristende å foreslå en tommelfingerregel for fordeling av køkostnader mellom tunge og lette kjøretøy, men en slik *ad hoc* fremgangsmåte støttes ikke av våre empiriske undersøkelser. Figur 20.1 til Figur 20.4 viser predikert fart på 2-feltsveger (lav hastighet) og 6-feltsveger (høy hastighet) under antakelsen om henholdsvis 10 og 20 prosent tungtrafikkandel. Resultatene viser at mens Yun et al. (2005) sin funksjon indikerer at det kan være en liten reduksjon i gjennomsnittsfarten når tungtrafikkandelen øker i tilfeller med høy skiltet fart, viser den modifiserte Sintef-funksjonen ikke slike forskjeller. Vi kan dermed ikke trekke en sikker konklusjon på effekten av tunge biler med hensyn til reisetid, men denne ser generelt ut til å være neglisjerbar. Man kan også forvente at effekten av tunge kjøretøyer først og fremst vil gjøre seg gjeldende på lenker med høy skiltet fart og i motbakker hvor kjøretøyenes fartsrestriksjoner skaper begrensinger.



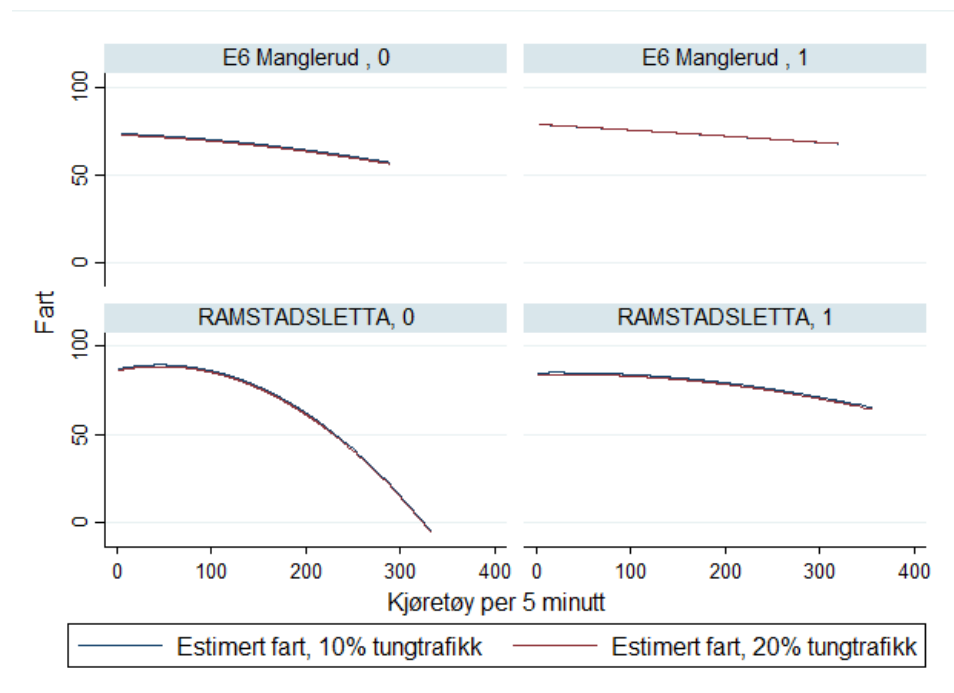
Figur 19.1: Fart etter tungtrafikkandel på 2-feltsveg, Yun et al. sin modell.



Figur 19.2 : Fart etter tungtrafikkandel på 6-feltsveg, Yun et al. sin modell.



Figur 19.3: Fart etter tungtrafikkandel på 2-feltsveg, Modifisert Sintef-modell.



Figur 19.4: Fart etter tungtrafikkandel på 6-feltsveg, Modifisert Sintef-modell.

Referanser, Del 6 - Køkostnader

- Flügel, S., Halse, A.H., Hulleberg, N., Jordbakke, J.N., Veisten, K., Magnussen, K., 2019. Foreløpige enhetsverdier fra verdsettingsstudien 2018-2019 til bruk i NTP TØI arbeidsdokument 51445, Transportøkonomisk institutt.
- Hjelkrem, O.A., Arnesen, P., Rennemo, O., Dahl, E., Thorenfeldt, U.K., Kroksæter, A., Kristensen, T., Malmin, O.K., 2017. Kjøretøybasert beregning av fart, energi og utslipp. Rapport 2017:00031, Sintef teknologi og samfunn.
- Holmgren, N., Fedoryshyn, N., 2015. Utslipp fra veitrafikken i Norge. Dokumentasjon av beregningsmetoder, data og resultater, *Notater 2015/22*. Statistisk Sentralbyrå.
- Li, M.Z.F., 2002. The role of speed–flow relationship in congestion pricing implementation with an application to Singapore. *Transportation Research Part B: Methodological* 36(8), 731-754.
- Maibach, M., Schreyer, C., Sutter, D., van Essen, H.P., Boon, B.H., Smokers, R., Schrotten, A., Doll, C., 2008. Handbook on estimation of external cost in the transport sector Internalisation Measures and Policies for All external Cost of Transport (IMPACT) Delft.
- Mtoi, E., Moses, R., 2014. Calibration and Evaluation of Link Congestion Functions: Applying Intrinsic Sensitivity of Link Speed as a Practical Consideration to Heterogeneous Facility Types within Urban Network. *Journal of Transportation Technologies* 4, 141-149.
- Müller, S., Schiller, C., 2015. Improvement of the volume-delay function by incorporating the impact of trucks on traffic flow. *Transportation Planning and Technology* 38(8), 878-888.
- Thune-Larsen, H., Veisten, K., Rødseth, K.L., Klæboe, R., 2014. Eksterne kostnader ved vegtrafikk, *TØI rapport 1307/2014*. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Yun, S., White, W.W., Lamb, D.R., Wu, Y., 2005. Accounting for the impact of heavy truck traffic in volume–delay functions in transportation planning models. *Transportation Research Record* 1931(1), 8-17.

Vedlegg, Del 6 - Køkostnader

Tabell V.1: Parameterestimer, Yun et al. (2005) sin modell.

	Retning 0			Retning 1		
	α	δ	β	α	δ	β
E6 Lodalen Helsefyr mot Sentrum	0.018	2.032	-0.457	0.191	2.614	0.487
E6 Manglerud	0.096	5.017	0.812	0.056	2.936	0.388
Klemetsrud	0.033	5.022	0.578	0.036	3.823	0.462
Kong Håkon 5.s gt Nordgående				0.122	3.350	0.658
Moholtlia	0.791	-0.923	-0.184	0.518	-3.714	0.248
Mosheim	0.191	2.723	0.663	0.215	0.012	0.643
RAMSTADSLETTA	0.095	4.909	0.792	0.034	6.776	0.418
SIDDISHALLEN	0.195	2.478	0.578	0.064	4.428	0.398
SMESTAD BRANNSTASJON	0.024	3.439	0.028	0.033	2.833	0.111
SOTRABRUA VEST	0.103	3.903	0.558	0.109	0.333	0.468
Sundland	0.128	2.815	0.527	0.010	0.747	0.034

Tabell V.2: Parameterestimer, TØI sin modell.

	Retning 0				Retning 1			
	α	δ_M	δ_H	β	α	δ_M	δ_H	β
E6 Lodalen Helsefyr mot Sentrum	0.020	1.864	0.573	-0.460	0.195	2.969	0.932	0.486
E6 Manglerud	0.114	-0.107	9.315	0.923	0.060	1.916	2.731	0.399
Klemetsrud	0.036	2.508	5.518	0.612	0.039	2.986	3.017	0.470
Kong Håkon 5.s gt Nordgående					0.127	2.975	2.743	0.666
Moholtlia	0.703	-0.691	1.464	-0.210	0.495	-3.083	-3.427	0.233
Mosheim	0.201	1.625	2.763	0.675	0.212	0.267	-0.233	0.638
RAMSTADSLETTA	0.108	2.117	5.560	0.826	0.036	5.450	5.655	0.415
SIDDISHALLEN	0.206	1.158	6.888	0.603	0.067	3.333	3.801	0.402
SMESTAD BRANNSTASJON	0.025	2.949	2.700	0.033	0.034	2.194	2.728	0.117
SOTRABRUA VEST	0.107	3.867	2.007	0.569	0.109	0.397	0.265	0.468
Sundland	0.139	1.414	3.992	0.546	0.010	-0.259	2.277	0.053

Tabell V.3: Parameterestimer, Modifisert Sintef-modell.

	Retning 0				Retning 1			
	a	b	c	d	a	b	c	d
E6 Lodalen Helsefyr mot Sentrum	76.742	-0.004	0.000	-17.399	67.667	0.040	0.000	-11.615
E6 Manglerud	74.384	-0.023	0.000	-8.421	78.653	-0.031	0.000	0.376
Klemetsrud	99.660	-0.052	0.000	-10.584	97.410	-0.083	0.000	-8.642
Kong Håkon 5.s gt Nordgående					53.071	0.000	-6.981	-0.143
Moholtlia	61.089	-3.610	0.055	-22.510	75.361	-0.179	0.001	-4.122
Mosheim	51.721	-0.187	0.001	-4.677	53.593	-0.098	0.000	-0.546
RAMSTADSLETTA	87.967	0.105	-0.001	-9.403	85.891	0.008	0.000	-9.562
SIDDISHALLEN	56.729	-0.352	0.004	2.133	57.032	-0.119	0.001	-4.385
SMESTAD	81.359	-0.035	0.000	-3.526	81.622	-0.039	0.000	-3.200
BRANNSTASJON								
SOTRABRUA VEST	62.515	-0.048	0.000	-1.553	62.323	0.022	-0.001	3.569
Sundland	63.875	-0.287	0.000	-1.561	65.635	0.009	0.000	0.284

DEL 7

AKUTTE UTSLIPP

20 Bakgrunn

Med akutte utslipp mener vi her uhellsutslipp av olje fra skip. Disse utslippene har negative konsekvenser for naturmiljøet og økosystemtjenester langs kysten. Velferdstapene gjelder spesielt tap av rekreasjons- og ikke-bruksverdier, men omfatter også kostnader ved oljevernaksjoner, skader (person og materiell) og økonomiske tap for hav- og kystbaserte næringer.

I dette kapitlet utleder vi marginale eksterne kostnader ved akutte utslipp. Merk at i motsetning til analysene av bl.a. støy og kø forholder vi oss her til hendelser som ikke skjer ofte. Analysene av eksterne kostnader må da bygge på *sannsynligheten* for at en utslippshendelse skal inntreffe. Vår modell bygger på metodeopplegget til DNV GL (2014), som nettopp har vurdert sannsynligheten for at akutte utslipp skal forekomme.

Akutte utslipp har tradisjonelt vært behandlet som en ikke-prissatt konsekvens i konsekvensutredninger innen samferdselssektoren. Etter et nybrottsarbeid innen verdsettingen av utslippene (Lindhjem et al., 2016) er oljeutslipp fra skip nå tatt inn som prissatt konsekvens. Vi bemerker at dette kan bidra til å skape skjevheter mellom transportmidlene siden akutte utslipp av olje også forekommer fra transport på veg og bane. Å gjennomføre en tilsvarende studie av skaderisiko og velferdstap for akutte utslipp fra veg og bane faller imidlertid utenfor rammene av dette prosjektet da det vil innebære en omfattende utredningsjobb. Vi mener allikevel det vil være betimelig å kartlegge disse kostnadene for de øvrige transportmidlene i framtiden, all den tid oljeutslipp inngår i de prissatte konsekvensene av sjøtransport.

21 Analytisk rammeverk

Lindhjem et al. (2016) har verdsatt oljeutslipp i 4 alvorlighetsgrader (liten, middels, stor og svært stor). Vi benytter i det følgende indeksene $l=1, \dots, 4$ til å indikere alvorlighetsgradene og w til å beskrive skadekostnader per hendelse.

I likhet med DNV GL (2014) legger vi til grunn at sannsynligheten for en ulykke er proporsjonal med utseilt distanse og opererer med diskrete utfall (hendelser). La $s=1, \dots, S$ definere skipklasse (herunder skipstype og størrelsesgruppe) og la d_s måle utseilt distanse (km) innen skipsklasse s . Videre angir vi ved P_s sannsynligheten for en hendelse per kilometer utseilt distanse med skipstype s . De totale forventede skadekostnadene ved akutte utslipp fra skip kan da uttrykkes som:

$$TC = \sum_{l=1}^4 w_l \left(\sum_{s=1}^S P_s (X=l) \times d_s \right) \quad (1)$$

Følgelig er marginale kostnader gitt ved:

$$\frac{\partial TC}{\partial d_s} = \sum_{l=1}^4 w_l P_s (X=l) \quad (2)$$

22 Empirisk implementering

I likhet med DNV (2014) legger vi til grunn at akutte utslipp inntreffer ved en skipsulykke. Dersom en ulykke først har inntruffet er det en viss sannsynlighet for at den fører med seg utslipp. Dette betyr at sannsynligheten for at både i) en ulykke inntreffer og ii) den medfører akutte utslipp kan skrives på følgende måte:

$$P(\text{ulykke med utslipp}) = P(\text{ulykke}) \times P(\text{utslipp hvis ulykke}) \quad (3)$$

hvor P angir sannsynligheter og $P(\text{utslipp hvis ulykke})$ er en betinget sannsynlighet. I det følgende vil vi angi sannsynlighetene i form av *frekvenser*, altså hvor ofte en hendelse inntreffer.

22.1 Ulykkesfrekvenser

I henhold til DNV (2014) definerer vi enkle funksjoner for ulykkesfrekvensene for å vise hvordan de avhenger av skipstyper og trafikk. På bakgrunn av disse kan vi formelt utlede de marginale eksterne kostnadene.

$$P_s(\text{ulykke}) = \underbrace{f_{s,i}}_{\text{Normalfrekvens}} \times \underbrace{d_s}_{\text{Utseilt distanse}} \quad (4)$$

Normalfrekvensene utledes fra Sjøfartsdirektoratets ulykkesdatabase. Vi velger å legge normalfrekvensene som er utredet i DNV (2014) til grunn for våre beregninger. Disse bygger på data for årene 2004 til 2013. Vi har vurdert å beregne nye normalfrekvenser for årene 2013-2017 på bakgrunn av tilgjengelige trafikkregistreringer i Havbase, men har valgt å ikke gjøre dette fordi vi anser datagrunnlaget som for tynt til å kunne gi en god beskrivelse av utfallssannsynligheter⁴⁴.

Tabell 23.1 gjengir normalfrekvensene for skipsulykker. DNV (2014) angir sannsynligheter for 4 ulike kategorier av skipsuhell; grunnstøting, kollisjon, strukturfeil og brann og eksplosjon. Hendelser ved eller i nærheten av land, eks. sammenstøt med kaikant, sees bort fra da de normalt ikke leder til akutte utslipp som fører til utstrakt miljødelegelser.

Tabell 22.1: Normalfrekvenser for skipsulykker

Skipstype	Grunnstøting	Kollisjon	Strukturfeil	Brann/Eksplosjon
Gods	1,8E-06	4,2E-07	8,5E-08	2,4E-07
Passasjer	2,8E-06	4,6E-07	3,4E-08	4,6E-07

⁴⁴ Vi har også avdekket feilregistreringer i Sjøfartsdirektoratets database knyttet til geografisk lokasjon av ulykker. Dette er rapportert til Sjøfartsdirektoratet. En grundig gjennomgang og kvalitetssikring av Sjøfartsdirektoratets database om skipsulykker ble ikke prioritert innenfor rammen av dette prosjektet.

22.2 Utslippsomfanget

Dersom en ulykke inntreffer kan det medføre et stort eller lite utslipp av olje. Omfanget av ulykken bestemmes av:

- potensialet for utslipp, dvs. skipets beholdning av olje (last og bunkers)
- skadegrad (fra lite utslipp fra en tank til utslipp av samlet oljebeholdning)

22.2.1 Potensialet for utslipp

I forbindelse med prosjektet har TØI mottatt et datauttrekk fra Kystverkets Havbase hvor informasjon om skipene (størrelse, antall tanker, tankkapasitet og drivstoffkapasitet) inngår. Vi har benyttet denne informasjonen til å karakterisere oljebeholdningen til de gjennomsnittlige skipene innenfor dødvekt- og lengdekategorier.

I likhet med DNV (2014) antar vi at kun tankskip har oljelast. Tankvolumene og antall tanker per størrelseskategori av kjemi/produkt- og oljetankere er gjengitt i Tabell 23.2. I likhet med DNV (2014) antar vi en kapasitetsutnyttelse på 0.5 som følge av at tankskip i snitt går i ballast i halvparten av deres utseilte distanse.

Tabell 22.2: Lastvolum (tonn) og antall tanker per tankskipskategori.

Skip\Dødvekt	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Kjemi/Produkt - Volum	582	4003	9265	20170	31441	41525	51802	78015
Kjemi/Produkt – Tanker (nr)	6	13	15	16	16	14	14	14
Tanker - Volum	427	1826	7205	21902	36846	42112	52049	125992
Tanker - Tanker (nr)	7	10	12	9	13	13	15	14

Tabell 23.3 gir en oversikt over de gjennomsnittlige skipenes drivstoffkapasitet innenfor relevante størrelseskategorier. I likhet med DNV (2014) antar vi 65 prosent utnyttelsesgrad av drivstoffkapasiteten i beregningene. Alle skip antas å ha 2 drivstofftanker.

Tabell 22.3: Drivstoffkapasitet (tonn).

Skip\Dødvekt	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	69	225	621	1652	1762	2570	3062	3268
Container Lo/Lo		209	955	2282	3172	4588	5815	8881
Cruise	260	1085	2893					
Hurtigbåt	15	2516						
Innenlands_ropax	60	173						
Kjemi/Produkt tanker	264	280	507	907	1455	1447	1753	2347
Kjøle/fryseskip	221	440	1444	1932				
Kystrute	578	514						
LPG/LNG	371	502	866	1576	2086	2738	3330	5204
Offshore skip	458	1003	1063					
Ro-Ro cargo	115	547	1340	2749	4231			
Tanker	270	303	515	1353	1253	1637	1951	3516
Tørrbulk	850	662	730	1237	1634	1791	2140	3376
Utenlandsferge	180	642	1716					

Vi følger Lindhjem et al. (2016) og antar at kun 75 prosent av realiserte utslipp har et skadepotensiale. Denne korrigeringen gjøres ut fra antakelsen om at 25 prosent av et utslipp vil uskadeliggjøres av oljevernberedskap.

22.2.2 Omfang og sannsynlighet for utslipp

Vi følger DNV (2014) som beskriver 4 kategorier av utslipp dersom en ulykke inntreffer

- Intet utslipp
- Lite utslipp fra en tank
- Stort utslipp fra en tank
- Utslipp av all olje ombord

Andelen av oljen ombord som forventes å slippe ut under ulike uhellstyper er gitt i Tabell 23.4.

Tabell 22.4: Andel av tank/totalt volum som slippes ut ved ulykker. Kilde: DNV (2014).

	Grunnstøting	Kollisjon	Strukturfeil	Brann/Eksplosjon
Intet utslipp	0	0	0	0
Lite utslipp, tank	0,3	1	0	0,04
Stort utslipp, tank	0,6	2	0	0,2
Totalt volum	1	1	1	1

mens de tilhørende sannsynlighetene for utslipp er gitt i Tabell 23.5.

Tabell 22.5: Sannsynlighet for utslipp ved ulykker. Kilde: DNV (2014).

	Grunnstøting	Kollisjon	Strukturfeil	Brann/Eksplosjon
Intet utslipp	0,970	0,970	0,970	0,970
Lite utslipp, tank	0,015	0,012	0,000	0,008
Stort utslipp, tank	0,003	0,010	0,000	0,020
Totalt volum	0,012	0,008	0,030	0,002

22.2.3 Antakelse om drivstofftype

I verdsettingsmetodikken skilles det mellom skadepotensialet til ulike typer oljeprodukter, nemlig råolje (last), tungolje (drivstoff) og destillater (marin gassolje). Vi gjør den forenkede antakelsen at oljetankere frakter råolje mens produkttankere frakter destillater. For å kartlegge hoveddrivstoffet innenfor hver skipstype og størrelseskategori benytter vi informasjon av skipenes primære og sekundære drivstofftype fra datagrunnlaget vårt. Denne klassifiseringen tar utgangspunkt i at skip som har mulighet til å bruke tungolje vil velge dette som hoveddrivstoff (Comer et al., 2016). Dette gir oss følgende antatte fordeling av drivstofftyper mellom skips- og størrelseskategorier.

Tabell 22.6: Hoveddrivstofftype. Rød = tungolje, Blå = marin gassolje.

skipstype_ngm	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk								
Container Lo/Lo								
Cruise								
Hurtigbåt								
Innenlands_ropax								
Kjemi/Produkt tanker								
Kjøle/fryseskip								
Kystrute								
LPG/LNG								
Offshore skip								
Ro-Ro cargo								
Tanker								
Tørrbulk								
Utenlandsferge								

22.3 Verdsetting av utslippet

Vi tar utgangspunkt i gjennomsnittet av de regionale enhetsprisene presentert i Lindhjem et al. (2016). Enhetsprisene varierer med utslippets skadeomfang, rangert på skalaen fra liten til svært stor miljøskade. I tråd med anbefalingene i Vista Analyses rapport benytter vi konsumprisindeksen til prisjustering.

Tabell 22.7: Enhetspriser (millioner NOK). Kilde: Lindhjem et al. (2016).

Skadeomfang	Liten	Middels	Stor	Svært stor
Enhetspris (2015 NOK)	283	511	1032	1659
Enhetspris (2018 NOK)	307	554	1119	1798

Vi benytter tabell 4.4 i Lindhjem et al. (2016) til å kategorisere ulike utslippsvolumer innenfor de fire skadekategoriene. Dette krever også at vi gjør en antakelse om miljøårsbarheten til området hvor ulykken treffer. Vi mener at en gjennomsnittsverdi vil være mest egnet for vår generelle vurdering av kostnadene. Som det fremgår av Tabell 23.8 er «Moderat» og «Høy» medianalternativene når det gjelder miljøårsbarhet. Vår forståelse av Miljødirektoratets kartlegging av miljøårsbarhet på Havmiljø.no er at det i løpet av året vurderes å være til dels høy sårbarhet, spesielt i nordområdene. I beregningene legger vi derfor til grunn at oljeutslippet inntreffer innenfor et område med høy miljøårsbarhet.

Tabell 22.8: Miljøskadematrise. Kilde: Lindhjem et al. (2016).

Utslipps- type	Volum (tonn)	Miljøfølsomhet				Sprednings- radius (bufferzone)* (km)
		Liten	Mode- rat	Høy	Svært høy	
Marin diesel	10-100					10
	100-500					25
	500-2 000					50
	2 000-10 000					75
	10 000-50 000					100
Råolje	10-100					10
	100-500					25
	500-2 000					50
	2 000-10 000					75
	10 000-50 000					100
Bunkers	10-100					10
	100-500					25
	500-2 000					50
	2000-10 000					75
	10 000-50 000					100

Noter: Fargekodene tilsvarer liten (lys gul), middels (mørkere gul), stor (brun/oranjs) og svært stor (rød) miljøskade

23 Resultater

Beregningene er gjennomført i programmet Stata. De innebærer å

- Beregne forventet utslipp for hver uhellstype og utslippsomfang (dvs. fra utslipp fra en tank til utslipp av samlet oljevolum) per skipstype og størrelseskategori
- Kategorisere de potensielle utslippene etter skadeomfang (fra liten til svært stor miljøskade) i henhold til Tabell 23.8
- Beregne sannsynlighetene for hver utslippshendelse innenfor hvert av skadeomfangene liten til svært stor
- Summere opp samlede sannsynligheter for utslippshendelser innenfor hvert av skadeomfangene liten til svært stor per skipstype og størrelseskategori
- Multiplisere de samlede sannsynlighetene med enhetsprisen for akutte utslipp innenfor hvert av skadeomfangene liten til svært stor og summere opp for å beregne marginale skadekostnader ved en ekstra kilometer utseilt distanse.

Resultatet av beregningene er en marginal kostnad per kilometer utseilt distanse pålydende:

Tabell 23.1: Marginale kostnader per km, etter dødvekt.

	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	7,07	16,63	33,62	44,08	44,08	45,55	45,55	45,55
Container Lo/Lo		16,63	35,27	45,55	45,55	57,35	57,35	59,20
Cruise	23,90	26,37	33,20					
Hurtigbåt	0,00	33,20						
Innenlands_ropax	8,18	16,53						
Kjemi/Produkt tanker	31,91	49,39	60,19	65,75	75,20	76,49	76,49	79,49
Kjøle/fryseskip	16,63	33,62	44,08	44,08				
Kystrute	24,64	24,64						
LPG/LNG	16,63	33,62	35,27	44,08	45,55	45,55	45,55	57,35
Offshore skip	17,30	18,02	18,34					
Ro-Ro cargo	7,07	17,30	35,84	45,55	57,35			
Tanker	37,92	48,72	79,16	91,65	93,19	101,43	101,43	107,31
Tørrbulk	18,02	33,62	35,27	35,84	44,08	44,08	45,55	45,55
Utenlandsferge	16,53	24,64	31,97					

Tabell 23.2: Marginale kostnader per km, etter lengde på skipet.

	<70	70-100	100-150	150-200	200-250	250-300	>300
Breakbulk	16,63	11,54	35,27	44,08	45,55	45,55	
Container Lo/Lo		18,02	35,27	44,08	45,55	35,27	
Cruise	23,90	9,57	24,64	26,37	33,20	66,92	82,99
Hurtigbåt	23,90	24,64	33,20				
Innenlands_ropax	8,18	9,57	16,53				
Kjemi/Produkt tanker	31,91	49,39	64,10	76,49	79,49		
Kjøle/fryseskip	16,63	33,62	44,08	44,08			
Kystrute	24,64	23,90	24,64				
LPG/LNG	18,02	33,62	35,27	44,08	45,55	57,35	
Offshore skip	17,30	18,34	21,94				
Ro-Ro cargo	16,63	17,30	35,27	44,08	45,55		
Tanker	46,00	49,39	67,25	101,43	105,33	80,13	103,68
Tørrbulk	18,02	35,27	35,27	44,08	45,55	57,35	
Utenlandsferge	31,97	24,64	23,90	25,76	31,97		

Referanser, Del 7 - Akutte utslipp

- Comer, B., Olmer, N., Mao, X., 2016. Heavy fuel oil use in Arctic shipping in 2015. Working paper 2016-21, The International Council of Clean Transportation.
- DNV, 2014. Analyse av sannsynligheten for ulykker med tap av menneskeliv og akutt forurensning fra skipstrafikk i norske farvann. Vedlegg. DNV GL – Report No. 2014-1060, Rev. B.
- Lindhjem, H., Magnussen, K., Navrud, S., Skjeflo, S., Brude, O.W., 2016. Verdsetting av miljørelatert velferdstap ved oljeutslipp fra skip. Rapport nummer 2016/22, Vista Analyse AS

DEL 8

AVSLUTTENDE KAPITTEL

24 Oppsummering marginale skadekostnader fra transport

I dette kapitlet gis en sammenfatning av de marginale skadekostnadene beregnet i de foregående kapitlene. Vi kommer til å summere opp skadekostnader per kjøretøykilometer og tonnkilometer (der det er aktuelt) for alle transportformene gjennomgått i denne rapporten.

Alle kostnader er gitt for året 2019 og er målt i 2019-kr. Flere av disse skadekostnadene vil utvikle seg over tid. På den ene siden forventes det at verdsettingen av flere av skadene forventes å øke over tid (realprisjustering, befolkningsvekstavhenging eksponering og anbefalt karbonprisbane) som vil drive opp skadekostnader per km. Samtidig forventes det at transportteknologien vil bli mer effektiv over tid (f.eks. lavere utslipp og sjeldnere ulykker per km), som vil trekke ned skadekostnader per km. Vi vil drøfte konsistent bruk av slike utviklingsbaner til samfunnsøkonomiske analyser i slutten av kapitlet.

24.1 Skadekostnader per km

24.1.1 Vegtransport

For vegtransport skiller vi mellom marginale skadekostnader som representerer «gjennomsnittscaset» hvor vi ser på døgnet under ett, og caset hvor analytikeren vet eller vil analysere konsekvensene av at trafikkendringen skjer i rushtiden i store og mellomstore⁴⁵ tettsteder. De følgende tre tabellene sammenfatter marginale skadekostnadene for det første caset.

Tabell 24.1: Tunge godsbiler, kr per km for ulike skadekostnader, døgnet sett under ett. Utslippskostnadene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Vektklasse	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
<=7,5t	Spredt bebyggelse	0,17	0,05	0,24	0,00	0,55	0,00	1,01
<=7,5t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,16	0,39	1,63	0,21	0,55	0,00	2,94
<=7,5t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,16	2,68	2,39	1,48	0,55	0,00	7,26
>7,5-14t	Spredt bebyggelse	0,24	0,06	0,24	0,00	0,55	0,03	1,12
>7,5-14t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,24	0,47	1,63	0,21	0,55	0,03	3,13
>7,5-14t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,24	3,05	2,39	1,48	0,55	0,03	7,75
>14-20t	Spredt bebyggelse	0,29	0,06	0,24	0,00	0,55	0,09	1,23
>14-20t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,31	0,53	1,63	0,21	0,55	0,09	3,32
>14-20t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,31	3,30	2,39	1,48	0,55	0,09	8,12

⁴⁵ Merkostnadene av kjøring i kategorien Tettsted (15 000 – 100 000 innb.) er skalert i forhold til gjennomsnittsstørrelsen på tettstedet i denne kategorien (44 000 innb.) relativt til gjennomsnittsstørrelsen i storby-kategorien (312 000 innb.).

Vektklasse	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
>20-28t	Spredt bebyggelse	0,39	0,07	0,24	0,00	0,55	0,07	1,32
>20-28t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,42	0,56	1,63	0,21	0,55	0,07	3,44
>20-28t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,42	3,46	2,39	1,48	0,55	0,07	8,37
>28-40t	Spredt bebyggelse	0,46	0,07	0,24	0,00	0,37	0,03	1,17
>28-40t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,50	0,54	1,63	0,21	0,37	0,03	3,28
>28-40t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,50	3,36	2,39	1,48	0,37	0,03	8,12
>40-50t	Spredt bebyggelse	0,50	0,07	0,24	0,00	0,40	0,15	1,35
>40-50t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,54	0,56	1,63	0,21	0,40	0,15	3,49
>40-50t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,54	3,43	2,39	1,48	0,40	0,15	8,39
>50-60t	Spredt bebyggelse	0,60	0,10	0,24	0,00	0,40	0,23	1,57
>50-60t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,66	0,69	1,63	0,21	0,40	0,23	3,81
>50-60t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,66	4,06	2,39	1,48	0,40	0,23	9,22
Bensin, alle klasser	Spredt bebyggelse	0,24	0,11	0,24	0,00	0,55	0,03	1,17
Bensin, alle klasser	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,25	0,57	1,63	0,21	0,55	0,03	3,23
Bensin, alle klasser	Tettsted (>100 000 innb.)	0,25	3,38	2,39	1,48	0,55	0,03	8,08
El eller hydrogen	Spredt bebyggelse	0,00	0,00	0,24	0,00	0,55	0,03	0,82
El eller hydrogen	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,00	0,18	1,63	0,21	0,55	0,03	2,60
El eller hydrogen	Tettsted (>100 000 innb.)	0,00	1,63	2,39	1,48	0,55	0,03	6,08

Tabell 24.2: Personbiler, kr per km for ulike skadekostnader, døgnet sett under ett. Utslippskostnadene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Drivstoff	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
Diesel	Spredt bebyggelse	0,06	0,01	0,04	0,00	0,12	0,03	0,26
Diesel	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,07	0,09	0,30	0,21	0,12	0,03	0,82
Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	0,07	0,53	0,33	1,48	0,12	0,03	2,56
Hybrid	Spredt bebyggelse	0,04	0,00	0,04	0,00	0,12	0,03	0,23
Hybrid	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,05	0,03	0,30	0,21	0,12	0,03	0,73
Hybrid	Tettsted (>100 000 innb.)	0,05	0,24	0,33	1,48	0,12	0,03	2,25
LPG	Spredt bebyggelse	0,06	0,00	0,04	0,00	0,12	0,03	0,25
LPG	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,07	0,03	0,30	0,21	0,12	0,03	0,76
LPG	Tettsted (>100 000 innb.)	0,07	0,26	0,33	1,48	0,12	0,03	2,29
Bensin	Spredt bebyggelse	0,07	0,00	0,04	0,00	0,12	0,03	0,26
Bensin	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,08	0,04	0,30	0,21	0,12	0,03	0,78
Bensin	Tettsted (>100 000 innb.)	0,08	0,30	0,33	1,48	0,12	0,03	2,34
Alle med ICE	Spredt bebyggelse	0,07	0,01	0,04	0,00	0,12	0,03	0,26
Alle med ICE	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,08	0,07	0,30	0,21	0,12	0,03	0,80
Alle med ICE	Tettsted (>100 000 innb.)	0,08	0,44	0,33	1,48	0,12	0,03	2,48
Nullutslippsbiler	Spredt bebyggelse	0,00	0,00	0,04	0,00	0,12	0,03	0,19
Nullutslippsbiler	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,00	0,03	0,30	0,21	0,12	0,03	0,68
Nullutslippsbiler	Tettsted (>100 000 innb.)	0,00	0,24	0,33	1,48	0,12	0,03	2,19

Tabell 24.3: Varebiler, MC og buss, kr per km for ulike skadekostnader, døgnet sett under ett. Utslippskostnadene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Kjøretøy	Drivstoff	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
Varebiler	D	Spredt bebyggelse	0,09	0,02	0,04	0,00	0,05	0,03	0,23
Varebiler	D	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,10	0,09	0,30	0,21	0,05	0,03	0,78
Varebiler	D	Tettsted (>100 000 innb.)	0,10	0,59	0,33	1,48	0,05	0,03	2,58
Varebiler	P	Spredt bebyggelse	0,08	0,01	0,04	0,00	0,05	0,03	0,21
Varebiler	P	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,09	0,06	0,30	0,21	0,05	0,03	0,74
Varebiler	P	Tettsted (>100 000 innb.)	0,09	0,41	0,33	1,48	0,05	0,03	2,39
MC	P	Spredt bebyggelse	0,04	0,00	0,04	0,00	0,43	0,00	0,51
MC	P	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,04	0,01	0,30	0,21	0,43	0,00	0,99
MC	P	Tettsted (>100 000 innb.)	0,04	0,07	0,33	1,48	0,43	0,00	2,36
Turbuss	D	Spredt bebyggelse	0,40	0,07	0,24	0,00	0,36	0,03	1,09
Turbuss	D	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,47	0,62	1,63	0,21	0,36	0,03	3,31
Turbuss	D	Tettsted (>100 000 innb.)	0,47	3,69	2,39	1,48	0,36	0,03	8,42
Bybuss	CNG	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,53	0,46	1,63	0,21	0,36	0,03	3,22
Bybuss	CNG	Tettsted (>100 000 innb.)	0,53	2,91	2,39	1,48	0,36	0,03	7,69
Bybuss	D	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,44	0,52	1,63	0,21	0,36	0,03	3,18
Bybuss	D	Tettsted (>100 000 innb.)	0,44	3,21	2,39	1,48	0,36	0,03	7,90

De følgende tre tabellene sammenfatter marginale skadekostnadene for det caset hvor analytikeren «vet» at endringen foregår i rushtiden i de to tettstedkategoriene.

Tabell 24.4: Tunge godsbiler, kr per km for ulike skadekostnader, i spesialtilfellet hvor analytikeren vet de kjører i rushtiden i enten storby eller mellomstor by. Utslippskostnadene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Vektklasse	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
<=7,5t	Spredt bebyggelse	0,17	0,05	0,24	0,00	0,55	0,00	1,01
<=7,5t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,18	0,45	1,63	0,52	0,55	0,00	3,33
<=7,5t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,32	5,40	2,39	3,65	0,55	0,00	12,32
>7,5-14t	Spredt bebyggelse	0,24	0,06	0,24	0,00	0,55	0,03	1,12
>7,5-14t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,28	0,54	1,63	0,52	0,55	0,03	3,54
>7,5-14t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,49	6,14	2,39	3,65	0,55	0,03	13,26
>14-20t	Spredt bebyggelse	0,29	0,06	0,24	0,00	0,55	0,09	1,23
>14-20t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,35	0,61	1,63	0,52	0,55	0,09	3,74
>14-20t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,62	6,64	2,39	3,65	0,55	0,09	13,95
>20-28t	Spredt bebyggelse	0,39	0,07	0,24	0,00	0,55	0,07	1,32
>20-28t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,48	0,64	1,63	0,52	0,55	0,07	3,89
>20-28t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,84	6,97	2,39	3,65	0,55	0,07	14,47
>28-40t	Spredt bebyggelse	0,46	0,07	0,24	0,00	0,37	0,03	1,17
>28-40t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,57	0,62	1,63	0,52	0,37	0,03	3,73
>28-40t	Tettsted (>100 000 innb.)	1,00	6,75	2,39	3,65	0,37	0,03	14,20
>40-50t	Spredt bebyggelse	0,50	0,07	0,24	0,00	0,40	0,15	1,35
>40-50t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,62	0,64	1,63	0,52	0,40	0,15	3,95
>40-50t	Tettsted (>100 000 innb.)	1,09	6,91	2,39	3,65	0,40	0,15	14,59
>50-60t	Spredt bebyggelse	0,60	0,10	0,24	0,00	0,40	0,23	1,57
>50-60t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,75	0,79	1,63	0,52	0,40	0,23	4,31
>50-60t	Tettsted (>100 000 innb.)	1,32	8,17	2,39	3,65	0,40	0,23	16,17
Bensin, alle klasser	Spredt bebyggelse	0,24	0,11	0,24	0,00	0,55	0,03	1,17
Bensin, alle klasser	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,28	0,65	1,63	0,52	0,55	0,03	3,66

Vektklasse	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
Bensin, alle klasser	Tettsted (>100 000 innb.)	0,50	6,80	2,39	3,65	0,55	0,03	13,92
El eller hydrogen	Spredt bebyggelse	0,00	0,00	0,24	0,00	0,55	0,03	0,82
El eller hydrogen	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,00	0,18	1,63	0,52	0,55	0,03	2,91
El eller hydrogen	Tettsted (>100 000 innb.)	0,00	1,63	2,39	3,65	0,55	0,03	8,26

Tabell 24.5: Personbiler, kr per km for ulike skadekostnader, i spesialtilfellet hvor analytikeren vet de kjører i rushtiden i enten storby eller mellomstor by. Utslippskostnadene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Drivstoff	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
Diesel	Spredt bebyggelse	0,06	0,01	0,04	0,00	0,12	0,03	0,26
Diesel	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,08	0,10	0,30	0,52	0,12	0,03	1,14
Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	0,15	1,07	0,33	3,65	0,12	0,03	5,34
Hybrid	Spredt bebyggelse	0,04	0,00	0,04	0,00	0,12	0,03	0,23
Hybrid	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,06	0,03	0,30	0,52	0,12	0,03	1,05
Hybrid	Tettsted (>100 000 innb.)	0,10	0,49	0,33	3,65	0,12	0,03	4,72
LPG	Spredt bebyggelse	0,06	0,00	0,04	0,00	0,12	0,03	0,25
LPG	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,08	0,04	0,30	0,52	0,12	0,03	1,08
LPG	Tettsted (>100 000 innb.)	0,14	0,53	0,33	3,65	0,12	0,03	4,79
Bensin	Spredt bebyggelse	0,07	0,00	0,04	0,00	0,12	0,03	0,26
Bensin	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,09	0,05	0,30	0,52	0,12	0,03	1,10
Bensin	Tettsted (>100 000 innb.)	0,17	0,61	0,33	3,65	0,12	0,03	4,90
Alle med ICE	Spredt bebyggelse	0,07	0,01	0,04	0,00	0,12	0,03	0,26
Alle med ICE	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,09	0,08	0,30	0,52	0,12	0,03	1,13
Alle med ICE	Tettsted (>100 000 innb.)	0,15	0,89	0,33	3,65	0,12	0,03	5,18
Nullutslippsbiler	Spredt bebyggelse	0,00	0,00	0,04	0,00	0,12	0,03	0,19
Nullutslippsbiler	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,00	0,03	0,30	0,52	0,12	0,03	0,99
Nullutslippsbiler	Tettsted (>100 000 innb.)	0,00	0,24	0,33	3,65	0,12	0,03	4,37

Tabell 24.6: Varebiler, MC og buss, kr per km for ulike skadekostnader, i spesialtilfellet hvor analytikeren vet de kjører i rushtiden i enten storby eller mellomstor by. Utslippskostnadene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Kjøretøy	Drivstoff	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
Varebiler	D	Spredt bebyggelse	0,09	0,02	0,04	0,00	0,05	0,03	0,23
Varebiler	D	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,11	0,11	0,30	0,52	0,05	0,03	1,11
Varebiler	D	Tettsted (>100 000 innb.)	0,19	1,20	0,33	3,65	0,05	0,03	5,45
Varebiler	P	Spredt bebyggelse	0,08	0,01	0,04	0,00	0,05	0,03	0,21
Varebiler	P	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,10	0,07	0,30	0,52	0,05	0,03	1,07
Varebiler	P	Tettsted (>100 000 innb.)	0,18	0,83	0,33	3,65	0,05	0,03	5,08
MC	P	Spredt bebyggelse	0,04	0,00	0,04	0,00	0,43	0,00	0,51
MC	P	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,05	0,01	0,30	0,52	0,43	0,00	1,31
MC	P	Tettsted (>100 000 innb.)	0,09	0,15	0,33	3,65	0,43	0,00	4,65
Turbuss	D	Spredt bebyggelse	0,40	0,07	0,24	0,00	0,36	0,03	1,09
Turbuss	D	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,54	0,70	1,63	0,52	0,36	0,03	3,77
Turbuss	D	Tettsted (>100 000 innb.)	0,95	7,42	2,39	3,65	0,36	0,03	14,80
Bybuss	CNG	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,61	0,53	1,63	0,52	0,36	0,03	3,66
Bybuss	CNG	Tettsted (>100 000 innb.)	1,07	5,85	2,39	3,65	0,36	0,03	13,35

Kjøretøy	Drivstoff	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
Bybuss	D	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,50	0,59	1,63	0,52	0,36	0,03	3,62
Bybuss	D	Tettsted (>100 000 innb.)	0,88	6,46	2,39	3,65	0,36	0,03	13,77

24.1.2 Togtransport

For togtransport skiller vi mellom marginale skadekostnader for togkm kjørt på dagtid og nattestid, ettersom det er store forskjeller i marginale støykostnader. For kostnadspostene «drift og vedlikehold» og «reinvesteringer» er det store forskjeller mellom regioner. I tabellene under viser vi nasjonale gjennomsnittlige marginalkostnader som vektet etter årlige togkm kjørt i hver region.

Tabell 24.7: Marginale skadekostnader, kr per togkm, dagtid (2019-kr). Utslippskostnadene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Togtype	Drivstoff	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Ulykker	Drift og vedlikehold	Re-investering	SUM
Godstog (gjennomsnittscase)	Diesel	Spredd bebyggelse	10,48	7,37	2,63	1,36	18,08	32,74	72,64
Godstog (gjennomsnittscase)	Diesel	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	10,48	35,63	8,81	1,36	18,08	32,74	107,09
Godstog (gjennomsnittscase)	Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	10,48	199,81	9,23	1,36	18,08	32,74	271,69
Godstog (gjennomsnittscase)	Elektrisk	Spredd bebyggelse	0,00	0,00	2,63	1,36	18,08	32,74	54,80
Godstog (gjennomsnittscase)	Elektrisk	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,00	0,00	8,81	1,36	18,08	32,74	60,98
Godstog (gjennomsnittscase)	Elektrisk	Tettsted (>100 000 innb.)	0,00	0,00	9,23	1,36	18,08	32,74	61,40
Persontog	Diesel	Spredd bebyggelse	1,95	1,37	0,45	1,04	18,08	32,74	55,63
Persontog	Diesel	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	1,95	6,63	1,21	1,04	18,08	32,74	61,64
Persontog	Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	1,95	37,15	1,20	1,04	18,08	32,74	92,16
Persontog	Elektrisk	Spredd bebyggelse	0,00	0,00	0,45	1,04	18,08	32,74	52,31
Persontog	Elektrisk	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,00	0,00	1,21	1,04	18,08	32,74	53,07
Persontog	Elektrisk	Tettsted (>100 000 innb.)	0,00	0,00	1,20	1,04	18,08	32,74	53,06

Tabell 24.8: Marginale skadekostnader, kr per togkm, nattestid (2019-kr). Utslippskostnadene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Togtype	Drivstoff	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Ulykker	Drift og vedlikehold	Re-investering	SUM
Godstog (gjennomsnittscase)	Diesel	Spredd bebyggelse	10,48	7,37	24,48	1,36	18,08	32,74	94,49
Godstog (gjennomsnittscase)	Diesel	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	10,48	35,63	84,82	1,36	18,08	32,74	183,10
Godstog (gjennomsnittscase)	Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	10,48	199,81	89,27	1,36	18,08	32,74	351,73
Godstog (gjennomsnittscase)	Elektrisk	Spredd bebyggelse	0,00	0,00	24,48	1,36	18,08	32,74	76,65

Togtype	Drivstoff	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Ulykker	Drift og vedlikehold	Re-investering	SUM
Godstog (gjennomsnittscase)	Elektrisk	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,00	0,00	84,82	1,36	18,08	32,74	136,99
Godstog (gjennomsnittscase)	Elektrisk	Tettsted (>100 000 innb.)	0,00	0,00	89,27	1,36	18,08	32,74	141,44
Persontog	Diesel	Spredt bebyggelse	1,95	1,37	4,42	1,04	18,08	32,74	59,60
Persontog	Diesel	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	1,95	6,63	12,04	1,04	18,08	32,74	72,47
Persontog	Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	1,95	37,15	11,93	1,04	18,08	32,74	102,89
Persontog	Elektrisk	Spredt bebyggelse	0,00	0,00	4,42	1,04	18,08	32,74	56,28
Persontog	Elektrisk	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,00	0,00	12,04	1,04	18,08	32,74	63,90
Persontog	Elektrisk	Tettsted (>100 000 innb.)	0,00	0,00	11,93	1,04	18,08	32,74	63,79

24.1.3 Sjøtransport

På grunn av omfattende tabeller for kategorisering av skip, både skips kategorier, dwt-kategorier og lengdekategorier, vil vi kun presentere sluttsummen for marginale skadekostnader for hver av områdetypene. Totalt blir det seks tabeller. Sluttsummen består av skadekostnader fra utslipp til luft, ulykker og uhellsutslipp. Det som skiller mellom skadekostnader for områdekategoriene er utslipp til luft.

Tabell 24.9: Samletabell skadekostnader, kr per skipkm, etter skipstype og dwt-kategori, Spredt bebyggelse (2019-kr).

skipstype_ngm	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	19,6	46,7	91,8	166,2	220,4	211,7	226,5	268,3
Container Lo/Lo		69,4	131,7	205,0	236,8	286,8	332,6	389,5
Cruise	80,8	258,9	520,2					
Hurtigbåt	24,8	173,1						
Innenlands_ropax	42,1	92,9						
Kjemi/Produkt tanker	58,2	92,9	139,1	212,1	261,7	242,6	258,5	358,0
Kjøle/fryseskip	35,5	82,8	142,5	224,4				
Kystrute	175,1	208,9						
LPG/LNG	63,8	87,7	159,1	230,5	240,1	275,9	305,3	405,3
Offshore skip	62,5	149,1	147,8					
Ro-Ro cargo	26,7	89,8	146,0	229,6	278,2			
Tanker	57,5	98,3	153,3	301,9	256,7	311,5	255,2	390,7
Tørrbulk	35,5	74,1	102,0	158,1	199,9	205,1	211,6	249,6
Utenlandsferge	261,7	283,4	447,3					

Tabell 24.10: Samletabell skadekostnader, kr per skipkm, etter skipstype og dwt-kategori, Tettsted (15 000 - 100 000 innb.) (2019-kr).

skipstype_ngm	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	34,1	82,5	165,3	352,1	499,6	449,9	510,6	606,7
Container Lo/Lo		132,8	257,9	456,8	538,9	649,3	767,7	911,5
Cruise	145,8	609,3	1289,4					
Hurtigbåt	51,4	353,2						
Innenlands_ropax	80,3	186,9						
Kjemi/Produkt tanker	88,9	145,1	241,4	430,7	554,1	500,5	539,2	774,5
Kjøle/fryseskip	57,9	141,7	255,5	505,0				

skipstype_ngm	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Kystrute	399,5	490,9						
LPG/LNG	120,3	152,6	326,6	502,3	529,7	628,3	695,8	942,3
Offshore skip	115,8	305,6	305,2					
Ro-Ro cargo	49,8	188,9	308,2	515,6	621,3			
Tanker	80,2	157,7	247,8	636,4	502,8	603,0	491,4	828,7
Tørrbulk	55,8	122,5	185,7	350,3	444,1	454,1	465,6	575,1
Utenlandsferge	578,1	674,3	1090,1					

Tabell 24.11: Samletabell skadekostnader, kr per skipkm, etter skipstype og dwt-kategori, Tettsted (> 100 000 innb.) (2019-kr).

skipstype_ngm	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	104,7	256,2	520,0	1241,1	1826,1	1581,3	1851,7	2205,8
Container Lo/Lo		439,5	865,5	1645,0	1964,8	2360,4	2820,9	3375,4
Cruise	461,9	2267,4	4888,1					
Hurtigbåt	181,1	1221,3						
Innenlands_ropax	266,1	641,3						
Kjemi/Produkt tanker	238,7	397,6	733,8	1467,1	1934,6	1718,3	1865,8	2745,8
Kjøle/fryseskip	166,4	427,0	804,0	1831,0				
Kystrute	1463,2	1824,4						
LPG/LNG	394,0	466,9	1128,2	1791,5	1901,1	2295,0	2544,5	3461,6
Offshore skip	375,4	1068,2	1071,1					
Ro-Ro cargo	162,1	663,8	1079,0	1877,2	2255,2			
Tanker	191,1	445,1	703,2	2213,9	1667,5	1989,0	1607,8	2883,3
Tørrbulk	154,8	356,9	589,9	1257,7	1597,3	1631,3	1666,7	2101,8
Utenlandsferge	2112,8	2546,1	4161,2					

Tabell 24.12: Samletabell skadekostnader, kr per skipkm, etter skipstype og lengdekategori, Spredt bebyggelse (2019-kr).

skipstype_ngm	<70	70-100	100-150	150-200	200-250	250-300	>300
Breakbulk	39,2	42,0	93,8	166,5	274,6	331,8	
Container Lo/Lo		70,8	131,2	189,1	277,4	394,6	
Cruise	37,5	69,9	126,6	251,4	346,1	581,0	825,0
Hurtigbåt	47,6	106,4	173,1				
Innenlands_ropax	27,6	46,6	102,4				
Kjemi/Produkt tanker	58,2	93,8	155,8	253,7	349,3		
Kjøle/fryseskip	37,8	83,8	142,0	221,5			
Kystrute	56,4	63,0	201,8				
LPG/LNG	65,2	83,8	180,1	238,7	295,4	408,5	
Offshore skip	92,8	146,0	482,2				
Ro-Ro cargo	30,7	63,4	112,8	189,9	291,5		
Tanker	66,6	112,9	132,2	273,0	334,1	413,0	449,5
Tørrbulk	35,5	76,8	110,7	190,5	228,1	317,6	
Utenlandsferge		269,8	219,9	313,2	447,3		

Tabell 24.13: Samletabell skadekostnader, kr per skipkm, etter skipstype og lengdekategori, Tettsted (15 000 - 100 000 innb.) (2019-kr).

skipstype_ngm	<70	70-100	100-150	150-200	200-250	250-300	>300
Breakbulk	65,9	78,4	167,6	350,2	636,7	784,4	
Container Lo/Lo		134,2	256,1	417,3	642,5	976,6	
Cruise	50,9	138,7	258,6	586,1	817,9	1374,6	1985,6
Hurtigbåt	72,8	209,1	353,2				
Innenlands_ropax	47,9	88,7	207,1				
Kjemi/Produkt tanker	88,9	146,9	280,1	530,2	751,7		
Kjøle/fryseskip	62,8	144,0	253,8	499,9			
Kystrute	91,7	107,1	471,0				
LPG/LNG	121,7	144,2	372,8	529,1	673,2	950,5	
Offshore skip	182,3	299,0	1068,5				
Ro-Ro cargo	47,0	120,2	218,3	418,6	681,3		
Tanker	90,6	188,3	212,8	527,9	685,9	909,8	996,5
Tørrbulk	55,7	126,1	210,0	415,7	513,5	725,6	
Utenlandsferge		586,2	502,6	753,4	1090,1		

Tabell 24.14: Samletabell skadekostnader, kr per skipkm, etter skipstype og lengdekategori, Tettsted (> 100 000 innb.) (2019-kr).

skipstype_ngm	<70	70-100	100-150	150-200	200-250	250-300	>300
Breakbulk	195,6	254,4	524,1	1227,9	2344,9	2919,6	
Container Lo/Lo		440,9	857,8	1494,3	2365,8	3722,3	
Cruise	116,3	475,5	897,0	2190,3	3075,9	5158,4	7513,5
Hurtigbåt	196,0	704,8	1221,3				
Innenlands_ropax	147,2	293,1	714,1				
Kjemi/Produkt tanker	238,7	404,2	875,1	1835,7	2657,1		
Kjøle/fryseskip	184,3	435,4	796,9	1814,9			
Kystrute	263,6	322,0	1744,3				
LPG/LNG	395,4	436,1	1296,1	1904,2	2460,9	3492,8	
Offshore skip	618,4	1044,1	3913,9				
Ro-Ro cargo	126,5	394,9	724,2	1498,6	2520,8		
Tanker	207,8	556,2	605,2	1750,2	2364,4	3285,6	3599,8
Tørrbulk	154,6	366,4	690,9	1493,4	1876,8	2668,6	
Utenlandsferge		2120,9	1860,4	2859,5	4161,2		

24.2 Skadekostnader per tonnkm

I dette delkapitlet viser vi tabeller med marginale skadekostnader per tonnkilometer, dvs. skadekostnader per kilometer delt på gjennomsnittlig lastvekt, vist i kapitlet om utslipp til luft. Dette gjelder for tunge godbiler⁴⁶, varebiler, godstog og godsfraktende skip.

⁴⁶El- eller hydrogendrevne lastebiler er forutsatt å være i kategorien 14-20 t. Representativ lastvekt er da satt lik 2.6 tonn; jf. Tabell 42.

Tabell 24.15: Tunge godsbiler, kr per tonnkm for ulike skadekostnader, døgn sett under ett (2019-kr). Utslippskostnadene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Vektklasse	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
<=7,5t	Spredd bebyggelse	0,14	0,04	0,21	0,00	0,47	0,00	0,86
<=7,5t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,14	0,34	1,40	0,18	0,47	0,00	2,52
<=7,5t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,14	2,30	2,05	1,27	0,47	0,00	6,23
>7,5-14t	Spredd bebyggelse	0,14	0,04	0,14	0,00	0,32	0,02	0,66
>7,5-14t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,14	0,28	0,96	0,12	0,32	0,02	1,85
>7,5-14t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,14	1,81	1,41	0,88	0,32	0,02	4,58
>14-20t	Spredd bebyggelse	0,11	0,02	0,09	0,00	0,21	0,03	0,47
>14-20t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,12	0,20	0,62	0,08	0,21	0,03	1,25
>14-20t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,12	1,25	0,90	0,56	0,21	0,03	3,06
>20-28t	Spredd bebyggelse	0,09	0,02	0,06	0,00	0,13	0,02	0,31
>20-28t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,10	0,13	0,38	0,05	0,13	0,02	0,81
>20-28t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,10	0,81	0,56	0,35	0,13	0,02	1,96
>28-40t	Spredd bebyggelse	0,08	0,01	0,04	0,00	0,06	0,01	0,21
>28-40t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,09	0,10	0,29	0,04	0,06	0,01	0,58
>28-40t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,09	0,59	0,42	0,26	0,06	0,01	1,44
>40-50t	Spredd bebyggelse	0,04	0,01	0,02	0,00	0,03	0,01	0,11
>40-50t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,04	0,04	0,13	0,02	0,03	0,01	0,27
>40-50t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,04	0,27	0,19	0,12	0,03	0,01	0,66
>50-60t	Spredd bebyggelse	0,04	0,01	0,02	0,00	0,03	0,02	0,11
>50-60t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,05	0,05	0,12	0,02	0,03	0,02	0,28
>50-60t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,05	0,29	0,17	0,11	0,03	0,02	0,67
Bensin, alle klasser	Spredd bebyggelse	0,09	0,04	0,09	0,00	0,21	0,01	0,44
Bensin, alle klasser	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,09	0,22	0,62	0,08	0,21	0,01	1,22
Bensin, alle klasser	Tettsted (>100 000 innb.)	0,09	1,28	0,90	0,56	0,21	0,01	3,05
El eller hydrogen	Spredd bebyggelse	0,00	0,00	0,09	0,00	0,21	0,01	0,31
El eller hydrogen	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,00	0,07	0,62	0,08	0,21	0,01	0,98
El eller hydrogen	Tettsted (>100 000 innb.)	0,00	0,62	0,90	0,56	0,21	0,01	2,30

Tabell 24.16: Tunge godsbiler, kr per tonnkm for ulike skadekostnader, i spesialtilfellet hvor analytikeren vet de kjører i rushtiden i enten storby eller mellomstor by (2019-kr). Utslippskostnadene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Vektklasse	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
<=7.5t	Spredd bebyggelse	0,14	0,04	0,21	0,00	0,47	0,00	0,86
<=7.5t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,16	0,39	1,40	0,44	0,47	0,00	2,85
<=7.5t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,28	4,63	2,05	3,13	0,47	0,00	10,56
>7.5-14t	Spredd bebyggelse	0,14	0,04	0,14	0,00	0,32	0,02	0,66
>7.5-14t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,17	0,32	0,96	0,30	0,32	0,02	2,10
>7.5-14t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,29	3,64	1,41	2,16	0,32	0,02	7,85
>14-20t	Spredd bebyggelse	0,11	0,02	0,09	0,00	0,21	0,03	0,47
>14-20t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,13	0,23	0,62	0,19	0,21	0,03	1,41
>14-20t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,24	2,51	0,90	1,38	0,21	0,03	5,26
>20-28t	Spredd bebyggelse	0,09	0,02	0,06	0,00	0,13	0,02	0,31
>20-28t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,11	0,15	0,38	0,12	0,13	0,02	0,91
>20-28t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,20	1,63	0,56	0,86	0,13	0,02	3,40
>28-40t	Spredd bebyggelse	0,08	0,01	0,04	0,00	0,06	0,01	0,21
>28-40t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,10	0,11	0,29	0,09	0,06	0,01	0,66
>28-40t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,18	1,20	0,42	0,65	0,06	0,01	2,52
>40-50t	Spredd bebyggelse	0,04	0,01	0,02	0,00	0,03	0,01	0,11

Vektklasse	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
>40-50t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,05	0,05	0,13	0,04	0,03	0,01	0,31
>40-50t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,09	0,54	0,19	0,29	0,03	0,01	1,15
>50-60t	Spredt bebyggelse	0,04	0,01	0,02	0,00	0,03	0,02	0,11
>50-60t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,05	0,06	0,12	0,04	0,03	0,02	0,31
>50-60t	Tettsted (>100 000 innb.)	0,10	0,59	0,17	0,27	0,03	0,02	1,17
Bensin, alle klasser	Spredt bebyggelse	0,09	0,04	0,09	0,00	0,21	0,01	0,44
Bensin, alle klasser	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,11	0,25	0,62	0,19	0,21	0,01	1,38
Bensin, alle klasser	Tettsted (>100 000 innb.)	0,19	2,57	0,90	1,38	0,21	0,01	5,26
El eller hydrogen	Spredt bebyggelse	0,00	0,00	0,09	0,00	0,21	0,01	0,31
El eller hydrogen	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,00	0,07	0,62	0,19	0,21	0,01	1,10
El eller hydrogen	Tettsted (>100 000 innb.)	0,00	0,62	0,90	1,38	0,21	0,01	3,12

Tabell 24.17: Varebiler, kr per tonnkm for ulike skadekostnader, døgnet sett under ett (2019-kr). Utslippskostnadene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Kjøretøy	Drivstoff	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
Varebiler	D	Spredt bebyggelse	0,93	0,18	0,40	0,00	0,48	0,30	2,29
Varebiler	D	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,96	0,94	2,99	2,08	0,48	0,30	7,75
Varebiler	D	Tettsted (>100 000 innb.)	0,96	5,92	3,29	14,75	0,48	0,30	25,71
Varebiler	P	Spredt bebyggelse	0,82	0,08	0,40	0,00	0,48	0,30	2,09
Varebiler	P	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,91	0,62	2,99	2,08	0,48	0,30	7,38
Varebiler	P	Tettsted (>100 000 innb.)	0,91	4,10	3,29	14,75	0,48	0,30	23,83

Tabell 24.18: Varebiler, kr per tonnkm for ulike skadekostnader, i spesialtilfellet hvor analytikeren vet de kjører i rushtiden i enten storby eller mellomstor by (2019-kr). Utslippskostnadene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Kjøretøy	Drivstoff	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
Varebiler	D	Spredt bebyggelse	0,93	0,18	0,40	0,00	0,48	0,30	2,29
Varebiler	D	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	1,10	1,07	2,99	5,13	0,48	0,30	11,08
Varebiler	D	Tettsted (>100 000 innb.)	1,94	11,92	3,29	36,40	0,48	0,30	54,33
Varebiler	P	Spredt bebyggelse	0,82	0,08	0,40	0,00	0,48	0,30	2,09
Varebiler	P	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	1,04	0,70	2,99	5,13	0,48	0,30	10,65
Varebiler	P	Tettsted (>100 000 innb.)	1,83	8,26	3,29	36,40	0,48	0,30	50,56

Tabell 24.19: Marginale skadekostnader, kr per tonnkm, dagtid (2019-kr). Utslippskostnadene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Togtype	Drivstoff	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Ulykker	Drift og vedlikehold	Re-investering	SUM
Godstog (gjennomsnittscase)	Diesel	Spredt bebyggelse	0,02	0,02	0,01	0,00	0,04	0,08	0,17
Godstog (gjennomsnittscase)	Diesel	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,02	0,08	0,02	0,00	0,04	0,08	0,25
Godstog (gjennomsnittscase)	Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	0,02	0,47	0,02	0,00	0,04	0,08	0,64
Godstog (gjennomsnittscase)	Elektrisk	Spredt bebyggelse	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,08	0,13

Togtype	Drivstoff	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Ulykker	Drift og vedlikehold	Re-investering	SUM
Godstog (gjennomsnittscase)	Elektrisk	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,00	0,00	0,02	0,00	0,04	0,08	0,14
Godstog (gjennomsnittscase)	Elektrisk	Tettsted (>100 000 innb.)	0,00	0,00	0,02	0,00	0,04	0,08	0,14

Tabell 24.20: Marginale skadekostnader, kr per togkm, nattestid (2019-kr). Utslippskostnadene for CO₂ kan nedjusteres proporsjonalt med andelen brukt av biodrivstoff og syntetisk diesel, forutsatt at drivstoffet klassifiseres som klimanøytralt.

Togtype	Drivstoff	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Ulykker	Drift og vedlikehold	Re-investering	SUM
Godstog (gjennomsnittscase)	Diesel	Spredt bebyggelse	0,02	0,02	0,06	0,00	0,04	0,08	0,22
Godstog (gjennomsnittscase)	Diesel	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,02	0,08	0,20	0,00	0,04	0,08	0,43
Godstog (gjennomsnittscase)	Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	0,02	0,47	0,21	0,00	0,04	0,08	0,83
Godstog (gjennomsnittscase)	Elektrisk	Spredt bebyggelse	0,00	0,00	0,06	0,00	0,04	0,08	0,18
Godstog (gjennomsnittscase)	Elektrisk	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,00	0,00	0,20	0,00	0,04	0,08	0,32
Godstog (gjennomsnittscase)	Elektrisk	Tettsted (>100 000 innb.)	0,00	0,00	0,21	0,00	0,04	0,08	0,33

For skadekostnader fra godsskip viser vi kun tabeller hvor skipene er kategorisert etter dødvektstonn.

Tabell 24.21: Samletabell skadekostnader, kr per tonnkm, etter skipstype og dwt-kategori, Spredt bebyggelse (2019-kr).

skipstype_ngm	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	0,053	0,035	0,026	0,016	0,014	0,010	0,009	0,009
Container Lo/Lo		0,034	0,026	0,024	0,016			
Kjemi/Produkt tanker	0,181	0,049	0,032	0,022	0,019	0,013	0,010	0,010
Kjøle/fryseskip	0,100	0,062	0,043					
LPG/LNG	0,156	0,045	0,036	0,024	0,017	0,013	0,011	0,010
Ro-Ro cargo	0,086	0,039	0,032	0,028				
Tanker	0,157	0,054	0,034	0,030	0,016	0,016	0,011	0,007
Tørrbulk	0,080	0,035	0,024	0,018	0,012	0,011	0,008	0,007

Tabell 24.22: Samletabell skadekostnader, kr per tonnkm, etter skipstype og dwt-kategori, Tettsted (15 000 - 100 000 innb.) (2019-kr).

skipstype_ngm	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	0,093	0,062	0,046	0,034	0,031	0,021	0,021	0,020
Container Lo/Lo		0,064	0,052	0,053	0,036			
Kjemi/Produkt tanker	0,277	0,077	0,055	0,045	0,040	0,026	0,022	0,021
Kjøle/fryseskip	0,162	0,106	0,077					
LPG/LNG	0,295	0,079	0,073	0,053	0,038	0,029	0,026	0,024
Ro-Ro cargo	0,160	0,082	0,068	0,062				
Tanker	0,219	0,086	0,055	0,064	0,031	0,031	0,020	0,014
Tørrbulk	0,126	0,058	0,044	0,040	0,027	0,023	0,018	0,015

Tabell 24.23: Samletabell skadekostnader, kr per tonnkm, etter skipstype og dwt-kategori, Tettsted (> 100 000 innb.) (2019-kr).

skipstype_ngm	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	0,286	0,194	0,145	0,119	0,113	0,074	0,075	0,073
Container Lo/Lo		0,213	0,173	0,190	0,132			
Kjemi/Produkt tanker	0,745	0,210	0,168	0,152	0,140	0,089	0,075	0,074
Kjøle/fryseskip	0,467	0,320	0,244					
LPG/LNG	0,964	0,242	0,252	0,189	0,137	0,108	0,094	0,087
Ro-Ro cargo	0,520	0,289	0,239	0,227				
Tanker	0,521	0,242	0,157	0,224	0,103	0,103	0,067	0,050
Tørrbulk	0,348	0,169	0,139	0,143	0,097	0,084	0,064	0,055

24.3 Avsluttende bemerkninger

Rapporten er først og fremst en dokumentasjonsrapport for en stor mengde skadekostnadsestimater som kan brukes i samfunnsøkonomiske analyser i Norge. Rapporten fungerer i så måte som et oppslagsverk for å hente ut disse tallene. Oppdragsgiver har også fått flere av tabellene i Excel-format for å kunne lett hente ut tallene til videre arbeid.

Vi ønsker å understreke at flere av skadekostnadstallene er beheftet med usikkerhet. Det er usikkerhet i alle deler av beregningen, fra hvor store skadene som påføres faktisk er, og hvordan denne verdsettes. I tillegg er skadekostnadstallene tilpasset tre grove områdekategorier, noe som gjør det enklere å jobbe med, men vil samtidig redusere nøyaktigheten. I samfunnsøkonomiske analyser anbefales det å gjøre følsomhetsanalyser med både høyere og lavere skadekostnader. Dette for å være sikre på at konklusjoner og anbefalinger er robuste mot denne usikkerheten.

En kan forvente at skadekostnadsestimatene vil endre seg etter at ny forskning og kunnskap bygges opp. Vi anbefaler at transportetatene har tabeller og litteratur samlet på et sted, hvor analytikere vil kunne vite til enhver tid hvilke skadekostnadstall som anvendes. Et eksempel på dette er fra Sverige, med Trafikverkets Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn - ASEK⁴⁷ Det vil gjøre det enklere å oppdatere skadekostnadstall fortløpende ettersom ny kunnskap kommer fram.

⁴⁷ <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/Samhallesekonomisk-analys-och-trafikanalys/analysmetod-och-samhallesekonomiska-kalkylvarden-for-transportsektorn-asek/>

Vedlegg 1, Del 8 - Sammenligning med tidligere beregninger

I dette vedlegget vil vi presentere tidligere beregninger av marginale skadekostnader til å sammenligne med rapportens beregninger. For vegtransport er sammenligningsgrunnlaget rapporten «Marginale eksterne kostnader ved vegtrafikk – Med reviderte ulykkeskostnader» (Thune-Larsen m.fl., 2014). For transport med sjø og jernbane er sammenligningsgrunnlaget rapporten «Marginale eksterne kostnader ved transport av gods på sjø og bane» (VISTA, 2015). Estimaten fra disse tidligere rapportene er realprisjustert slik at de skal representere verdier i 2019 med 2019-kr, slik som verdiene gitt i denne rapporten. Avslutningsvis vil vi kort summere opp hva som bidrar til endringer i beregninger; om det er annet og/eller oppdatert datagrunnlag og/eller andre metoder som er brukt.

V1.1 Vegtransport

Kategoriseringen av vegtransportmidler er ikke helt identisk som den var i Thune-Larsen, m.fl. (2014). Vår rapport inneholder flere kategorier. Det gjør direkte sammenligning vanskeligere, men tabellene kan likevel være illustrative for å forstå likheter og forskjeller mellom beregningene før og nå.

V1.1.1 Tunge godsbiler

Tabell V1.1: Tunge godsbiler, kr per km for ulike skadekostnader, døgnet sett under ett. Verdier fra Thune Larsen, m.fl. (2014). Verdier representerer 2019-kr i 2019.

Vektklasse	Områdetype	Lokale Utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	Drift	SUM
<=7.5t	Spredt bebyggelse	0,07	0,00	0,00	0,78	0,01	0,06	0,92
<=7.5t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,40	0,12	0,00	2,46	0,01	0,06	3,06
<=7.5t	Tettsted (>100 000 innb.)	2,06	0,15	0,96	2,46	0,01	0,06	5,69
>7.5-14t	Spredt bebyggelse	0,10	0,00	0,00	0,84	0,12	0,06	1,11
>7.5-14t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,56	0,12	0,00	2,63	0,12	0,06	3,49
>7.5-14t	Tettsted (>100 000 innb.)	2,70	0,15	0,96	2,63	0,12	0,06	6,61
>14-20t	Spredt bebyggelse	0,11	0,00	0,00	0,90	0,47	0,06	1,54
>14-20t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,68	0,12	0,00	2,84	0,47	0,06	4,17
>14-20t	Tettsted (>100 000 innb.)	3,15	0,15	0,96	2,84	0,47	0,06	7,62
>20t	Spredt bebyggelse	0,18	0,00	0,00	0,92	0,85	0,06	2,01
>20t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0,99	0,12	0,00	2,92	0,85	0,06	4,95
>20t	Tettsted (>100 000 innb.)	4,48	0,15	0,96	2,92	0,85	0,06	9,42

Tabell V1.2: Tunge godsbiler, kr per km for ulike skadekostnader, døgnet sett under ett. Beregninger for NTP 2022-2033. 2019-kr.

Vektklasse	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
<=7.5t	Spredd bebyggelse	0.17	0.05	0.24	0.00	0.55	0.00	1.01
<=7.5t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.16	0.39	1.63	0.21	0.55	0.00	2.94
<=7.5t	Tettsted (>100 000 innb.)	0.16	2.68	2.39	1.48	0.55	0.00	7.26
>7.5-14t	Spredd bebyggelse	0.24	0.06	0.24	0.00	0.55	0.03	1.12
>7.5-14t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.24	0.47	1.63	0.21	0.55	0.03	3.13
>7.5-14t	Tettsted (>100 000 innb.)	0.24	3.05	2.39	1.48	0.55	0.03	7.75
>14-20t	Spredd bebyggelse	0.29	0.06	0.24	0.00	0.55	0.09	1.23
>14-20t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.31	0.53	1.63	0.21	0.55	0.09	3.32
>14-20t	Tettsted (>100 000 innb.)	0.31	3.30	2.39	1.48	0.55	0.09	8.12
>20-28t	Spredd bebyggelse	0.39	0.07	0.24	0.00	0.55	0.07	1.32
>20-28t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.42	0.56	1.63	0.21	0.55	0.07	3.44
>20-28t	Tettsted (>100 000 innb.)	0.42	3.46	2.39	1.48	0.55	0.07	8.37
>28-40t	Spredd bebyggelse	0.46	0.07	0.24	0.00	0.37	0.03	1.17
>28-40t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.50	0.54	1.63	0.21	0.37	0.03	3.28
>28-40t	Tettsted (>100 000 innb.)	0.50	3.36	2.39	1.48	0.37	0.03	8.12
>40-50t	Spredd bebyggelse	0.50	0.07	0.24	0.00	0.40	0.15	1.35
>40-50t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.54	0.56	1.63	0.21	0.40	0.15	3.49
>40-50t	Tettsted (>100 000 innb.)	0.54	3.43	2.39	1.48	0.40	0.15	8.39
>50-60t	Spredd bebyggelse	0.60	0.10	0.24	0.00	0.40	0.23	1.57
>50-60t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.66	0.69	1.63	0.21	0.40	0.23	3.81
>50-60t	Tettsted (>100 000 innb.)	0.66	4.06	2.39	1.48	0.40	0.23	9.22
Bensin, alle klasser	Spredd bebyggelse	0.24	0.11	0.24	0.00	0.55	0.03	1.17
Bensin, alle klasser	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.25	0.57	1.63	0.21	0.55	0.03	3.23
Bensin, alle klasser	Tettsted (>100 000 innb.)	0.25	3.38	2.39	1.48	0.55	0.03	8.08
El eller hydrogen	Spredd bebyggelse	0.00	0.00	0.24	0.00	0.55	0.03	0.82
El eller hydrogen	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.00	0.18	1.63	0.21	0.55	0.03	2.60
El eller hydrogen	Tettsted (>100 000 innb.)	0.00	1.63	2.39	1.48	0.55	0.03	6.08

Merknad: Metodikken skiller ikke mellom støy fra ulike kjøretøyteknologier, kun mellom tunge og lette kjøretøy.

Tabell V1.3: Tunge godsbiler, kr per km for ulike skadekostnader, i spesialtilfellet hvor analytikeren vet de kjører i rushtiden i storby. Verdier fra Thune-Larsen, m.fl. (2014). Verdier representerer 2019-kr i 2019.

Vektklasse	Områdetype	Lokale Utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	Drift	SUM
<=7.5t	Tettsted (>100 000 innb.)	2.95	0.15	11.94	2.46	0.01	0.06	17.57
>7.5-14t	Tettsted (>100 000 innb.)	4.07	0.15	11.94	2.63	0.12	0.06	18.96
>14-20t	Tettsted (>100 000 innb.)	4.96	0.15	11.94	2.84	0.47	0.06	20.41
>20-28t	Tettsted (>100 000 innb.)	7.33	0.15	11.94	2.92	0.85	0.06	23.25

Tabell V1.4: Tunge godsbiler, kr per km for ulike skadekostnader, i spesialtilfellet hvor analytikeren vet de kjører i rushtiden i enten storby eller mellomstor by. Beregninger for NTP 2022-2033. 2019-kr.

Vektklasse	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
<=7.5t	Spredd bebyggelse	0.17	0.05	0.24	0.00	0.55	0.00	1.01
<=7.5t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.18	0.45	1.63	0.52	0.55	0.00	3.33
<=7.5t	Tettsted (>100 000 innb.)	0.32	5.40	2.39	3.65	0.55	0.00	12.32
>7.5-14t	Spredd bebyggelse	0.24	0.06	0.24	0.00	0.55	0.03	1.12
>7.5-14t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.28	0.54	1.63	0.52	0.55	0.03	3.54
>7.5-14t	Tettsted (>100 000 innb.)	0.49	6.14	2.39	3.65	0.55	0.03	13.26
>14-20t	Spredd bebyggelse	0.29	0.06	0.24	0.00	0.55	0.09	1.23
>14-20t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.35	0.61	1.63	0.52	0.55	0.09	3.74
>14-20t	Tettsted (>100 000 innb.)	0.62	6.64	2.39	3.65	0.55	0.09	13.95
>20-28t	Spredd bebyggelse	0.39	0.07	0.24	0.00	0.55	0.07	1.32
>20-28t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.48	0.64	1.63	0.52	0.55	0.07	3.89
>20-28t	Tettsted (>100 000 innb.)	0.84	6.97	2.39	3.65	0.55	0.07	14.47
>28-40t	Spredd bebyggelse	0.46	0.07	0.24	0.00	0.37	0.03	1.17
>28-40t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.57	0.62	1.63	0.52	0.37	0.03	3.73
>28-40t	Tettsted (>100 000 innb.)	1.00	6.75	2.39	3.65	0.37	0.03	14.20
>40-50t	Spredd bebyggelse	0.50	0.07	0.24	0.00	0.40	0.15	1.35
>40-50t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.62	0.64	1.63	0.52	0.40	0.15	3.95
>40-50t	Tettsted (>100 000 innb.)	1.09	6.91	2.39	3.65	0.40	0.15	14.59
>50-60t	Spredd bebyggelse	0.60	0.10	0.24	0.00	0.40	0.23	1.57
>50-60t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.75	0.79	1.63	0.52	0.40	0.23	4.31
>50-60t	Tettsted (>100 000 innb.)	1.32	8.17	2.39	3.65	0.40	0.23	16.17
Bensin, alle klasser	Spredd bebyggelse	0.24	0.11	0.24	0.00	0.55	0.03	1.17
Bensin, alle klasser	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.28	0.65	1.63	0.52	0.55	0.03	3.66
Bensin, alle klasser	Tettsted (>100 000 innb.)	0.50	6.80	2.39	3.65	0.55	0.03	13.92
El eller hydrogen	Spredd bebyggelse	0.00	0.00	0.24	0.00	0.55	0.03	0.82
El eller hydrogen	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.00	0.18	1.63	0.52	0.55	0.03	2.91
El eller hydrogen	Tettsted (>100 000 innb.)	0.00	1.63	2.39	3.65	0.55	0.03	8.26

Merknad: Metodikken skiller ikke mellom støy fra ulike kjøretøyteknologier, kun mellom tunge og lette kjøretøy.

V1.1.2 Personbiler

Tabell V1.5: Personbiler, kr per km for ulike skadekostnader, i spesialtilfellet hvor analytikeren vet de kjører i rushtiden i storby. Verdier fra Thune-Larsen, m.fl. (2014). Verdier representerer 2019-kr i 2019.

Drivstoff	Områdetype	Lokale Utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	Drift	SUM
Diesel	Spredd bebyggelse	0.01	0.00	0.00	0.10	0.00	0.06	0.17
Diesel	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.09	0.02	0.00	0.35	0.00	0.06	0.51
Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	0.49	0.02	0.48	0.35	0.00	0.06	1.39
LPG	Spredd bebyggelse	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.06	0.16
LPG	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.04	0.02	0.00	0.35	0.00	0.06	0.46
LPG	Tettsted (>100 000 innb.)	0.24	0.02	0.48	0.35	0.00	0.06	1.14
Bensin	Spredd bebyggelse	0.01	0.00	0.00	0.10	0.00	0.06	0.16
Bensin	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.05	0.02	0.00	0.35	0.00	0.06	0.48
Bensin	Tettsted (>100 000 innb.)	0.30	0.02	0.48	0.35	0.00	0.06	1.21

Tabell V1.6: Personbiler, kr per km for ulike skadekostnader, døgnet sett under ett. Beregninger for NTP 2022-2033. 2019-kr.

Drivstoff	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
Diesel	Spredd bebyggelse	0.06	0.01	0.04	0.00	0.12	0.03	0.26
Diesel	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.07	0.09	0.30	0.21	0.12	0.03	0.82
Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	0.07	0.53	0.33	1.48	0.12	0.03	2.56
Hybrid	Spredd bebyggelse	0.04	0.00	0.04	0.00	0.12	0.03	0.23
Hybrid	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.05	0.03	0.30	0.21	0.12	0.03	0.73
Hybrid	Tettsted (>100 000 innb.)	0.05	0.24	0.33	1.48	0.12	0.03	2.25
LPG	Spredd bebyggelse	0.06	0.00	0.04	0.00	0.12	0.03	0.25
LPG	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.07	0.03	0.30	0.21	0.12	0.03	0.76
LPG	Tettsted (>100 000 innb.)	0.07	0.26	0.33	1.48	0.12	0.03	2.29
Bensin	Spredd bebyggelse	0.07	0.00	0.04	0.00	0.12	0.03	0.26
Bensin	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.08	0.04	0.30	0.21	0.12	0.03	0.78
Bensin	Tettsted (>100 000 innb.)	0.08	0.30	0.33	1.48	0.12	0.03	2.34
Alle med ICE	Spredd bebyggelse	0.07	0.01	0.04	0.00	0.12	0.03	0.26
Alle med ICE	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.08	0.07	0.30	0.21	0.12	0.03	0.80
Alle med ICE	Tettsted (>100 000 innb.)	0.08	0.44	0.33	1.48	0.12	0.03	2.48
Nullutslippsbiler	Spredd bebyggelse	0.00	0.00	0.04	0.00	0.12	0.03	0.19
Nullutslippsbiler	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.00	0.03	0.30	0.21	0.12	0.03	0.68
Nullutslippsbiler	Tettsted (>100 000 innb.)	0.00	0.24	0.33	1.48	0.12	0.03	2.19

Merknad: Metodikken skiller ikke mellom støy fra ulike kjøretøyteknologier, kun mellom tunge og lette kjøretøy.

Tabell V1.7: Personbiler, kr per km for ulike skadekostnader, i spesialtilfellet hvor analytikeren vet de kjører i rushtiden i storby. Verdier fra Thune-Larsen, m.fl. (2014). Verdier representerer 2019-kr i 2019.

Vektklasse	Områdetype	Lokale Utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	Drift	SUM
Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	0.70	0.02	5.97	0.35	0.00	0.06	7.10
LPG	Tettsted (>100 000 innb.)	0.29	0.02	5.97	0.35	0.00	0.06	6.68
Bensin	Tettsted (>100 000 innb.)	0.37	0.02	5.97	0.35	0.00	0.06	6.77

Tabell V1.8: Personbiler, kr per km for ulike skadekostnader, i spesialtilfellet hvor analytikeren vet de kjører i rushtiden i enten storby eller mellomstor by. Beregninger for NTP 2022-2033. 2019-kr.

Drivstoff	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
Diesel	Spredd bebyggelse	0.06	0.01	0.04	0.00	0.12	0.03	0.26
Diesel	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.08	0.10	0.30	0.52	0.12	0.03	1.14
Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	0.15	1.07	0.33	3.65	0.12	0.03	5.34
Hybrid	Spredd bebyggelse	0.04	0.00	0.04	0.00	0.12	0.03	0.23
Hybrid	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.06	0.03	0.30	0.52	0.12	0.03	1.05
Hybrid	Tettsted (>100 000 innb.)	0.10	0.49	0.33	3.65	0.12	0.03	4.72
LPG	Spredd bebyggelse	0.06	0.00	0.04	0.00	0.12	0.03	0.25
LPG	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.08	0.04	0.30	0.52	0.12	0.03	1.08
LPG	Tettsted (>100 000 innb.)	0.14	0.53	0.33	3.65	0.12	0.03	4.79
Bensin	Spredd bebyggelse	0.07	0.00	0.04	0.00	0.12	0.03	0.26
Bensin	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.09	0.05	0.30	0.52	0.12	0.03	1.10
Bensin	Tettsted (>100 000 innb.)	0.17	0.61	0.33	3.65	0.12	0.03	4.90
Alle med ICE	Spredd bebyggelse	0.07	0.01	0.04	0.00	0.12	0.03	0.26
Alle med ICE	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.09	0.08	0.30	0.52	0.12	0.03	1.13
Alle med ICE	Tettsted (>100 000 innb.)	0.15	0.89	0.33	3.65	0.12	0.03	5.18
Nullutslippsbiler	Spredd bebyggelse	0.00	0.00	0.04	0.00	0.12	0.03	0.19
Nullutslippsbiler	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.00	0.03	0.30	0.52	0.12	0.03	0.99
Nullutslippsbiler	Tettsted (>100 000 innb.)	0.00	0.24	0.33	3.65	0.12	0.03	4.37

V1.1.3 Varebiler, MC og buss

Tabell V1.9: Varebiler, MC og buss, kr per km for ulike skadekostnader, døgnet sett under ett. Verdier fra Thune-Larsen, m.fl. (2014). Verdier representerer 2019-kr i 2019.

Kjøretøy	Drivstoff	Områdetype	Lokale Utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	Drift	SUM
Varebiler	Diesel	Spredd bebyggelse	0.02	0.00	0.00	0.14	0.00	0.06	0.22
Varebiler	Diesel	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.14	0.02	0.00	0.37	0.00	0.06	0.59
Varebiler	Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	0.79	0.02	0.48	0.37	0.00	0.06	1.72
Varebiler	Bensin	Spredd bebyggelse	0.01	0.00	0.00	0.14	0.00	0.06	0.21
Varebiler	Bensin	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.08	0.02	0.00	0.37	0.00	0.06	0.52
Varebiler	Bensin	Tettsted (>100 000 innb.)	0.41	0.02	0.48	0.37	0.00	0.06	1.33
MC	Bensin	Spredd bebyggelse	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.06
MC	Bensin	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.01	0.12	0.00	0.00	0.00	0.06	0.19
MC	Bensin	Tettsted (>100 000 innb.)	0.04	0.15	0.24	0.00	0.00	0.06	0.48
Buss	Diesel	Spredd bebyggelse	0.13	0.00	0.00	0.05	0.24	0.06	0.47
Buss	Diesel	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.79	0.12	0.00	0.26	0.24	0.06	1.47
Buss	Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	3.57	0.15	0.96	0.26	0.24	0.06	5.23
Buss	CNG	Spredd bebyggelse	0.03	0.00	0.00	0.05	0.24	0.06	0.37
Buss	CNG	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.23	0.12	0.00	0.26	0.24	0.06	0.91
Buss	CNG	Tettsted (>100 000 innb.)	1.35	0.15	0.96	0.26	0.24	0.06	3.01

Merknad: Ved rapportering av støykostnader er MC behandlet som et lett kjøretøy. Metodikken skiller kun mellom støykostnader for tunge og lette kjøretøy.

Tabell V1.10: Varebiler, MC og buss, kr per km for ulike skadekostnader, døgnet sett under ett. Beregninger for NTP 2022-2033. 2019-kr.

Kjøretøy	Drivstoff	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
Varebiler	D	Spredd bebyggelse	0.09	0.02	0.04	0.00	0.05	0.03	0.23
Varebiler	D	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.10	0.09	0.30	0.21	0.05	0.03	0.78
Varebiler	D	Tettsted (>100 000 innb.)	0.10	0.59	0.33	1.48	0.05	0.03	2.58
Varebiler	P	Spredd bebyggelse	0.08	0.01	0.04	0.00	0.05	0.03	0.21
Varebiler	P	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.09	0.06	0.30	0.21	0.05	0.03	0.74
Varebiler	P	Tettsted (>100 000 innb.)	0.09	0.41	0.33	1.48	0.05	0.03	2.39
MC	P	Spredd bebyggelse	0.04	0.00	0.04	0.00	0.43	0.00	0.51
MC	P	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.04	0.01	0.30	0.21	0.43	0.00	0.99
MC	P	Tettsted (>100 000 innb.)	0.04	0.07	0.33	1.48	0.43	0.00	2.36
Turbuss	D	Spredd bebyggelse	0.40	0.07	0.24	0.00	0.36	0.03	1.09
Turbuss	D	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.47	0.62	1.63	0.21	0.36	0.03	3.31
Turbuss	D	Tettsted (>100 000 innb.)	0.47	3.69	2.39	1.48	0.36	0.03	8.42
Bybuss	CNG	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.53	0.46	1.63	0.21	0.36	0.03	3.22
Bybuss	CNG	Tettsted (>100 000 innb.)	0.53	2.91	2.39	1.48	0.36	0.03	7.69
Bybuss	D	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.44	0.52	1.63	0.21	0.36	0.03	3.18
Bybuss	D	Tettsted (>100 000 innb.)	0.44	3.21	2.39	1.48	0.36	0.03	7.90

Merknad: Ved rapportering av støykostnader er MC behandlet som et lett kjøretøy. Metodikken skiller kun mellom støykostnader for tunge og lette kjøretøy.

Tabell V1.11: Varebiler, MC og buss, kr per km for ulike skadekostnader, i spesialtilfellet hvor analytikeren vet de kjører i rushtiden i storby. Verdier fra Thune-Larsen, m.fl. (2014). Verdier representerer 2019-kr i 2019.

Kjøretøy	Drivstoff	Områdetype	Lokale Utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	Drift	SUM
Varebiler	Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	1.00	0.02	5.97	0.37	0.00	0.06	7.42
Varebiler	Bensin	Tettsted (>100 000 innb.)	0.51	0.02	5.97	0.37	0.00	0.06	6.93
MC	Bensin	Tettsted (>100 000 innb.)	0.04	0.15	2.99	0.00	0.00	0.06	3.23
Buss	Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	5.85	0.15	11.94	0.26	0.24	0.06	18.50
Buss	CNG	Tettsted (>100 000 innb.)	1.91	0.15	11.94	0.26	0.24	0.06	14.56

Merknad: Ved rapportering av støykostnader er MC behandlet som et lett kjøretøy. Metodikken skiller kun mellom støykostnader for tunge og lette kjøretøy.

Tabell V1.12: Varebiler, MC og buss, kr per km for ulike skadekostnader, i spesialtilfellet hvor analytikeren vet de kjører i rushtiden i enten storby eller mellomstor by. Beregninger for NTP 2022-2033. 2019-kr.

Kjøretøy	Drivstoff	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
Varebiler	D	Spredt bebyggelse	0.09	0.02	0.04	0.00	0.05	0.03	0.23
Varebiler	D	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.11	0.11	0.30	0.52	0.05	0.03	1.11
Varebiler	D	Tettsted (>100 000 innb.)	0.19	1.20	0.33	3.65	0.05	0.03	5.45
Varebiler	P	Spredt bebyggelse	0.08	0.01	0.04	0.00	0.05	0.03	0.21
Varebiler	P	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.10	0.07	0.30	0.52	0.05	0.03	1.07
Varebiler	P	Tettsted (>100 000 innb.)	0.18	0.83	0.33	3.65	0.05	0.03	5.08
MC	P	Spredt bebyggelse	0.04	0.00	0.04	0.00	0.43	0.00	0.51
MC	P	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.05	0.01	0.30	0.52	0.43	0.00	1.31
MC	P	Tettsted (>100 000 innb.)	0.09	0.15	0.33	3.65	0.43	0.00	4.65
Turbuss	D	Spredt bebyggelse	0.40	0.07	0.24	0.00	0.36	0.03	1.09
Turbuss	D	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.54	0.70	1.63	0.52	0.36	0.03	3.77
Turbuss	D	Tettsted (>100 000 innb.)	0.95	7.42	2.39	3.65	0.36	0.03	14.80
Bybuss	CNG	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.61	0.53	1.63	0.52	0.36	0.03	3.66
Bybuss	CNG	Tettsted (>100 000 innb.)	1.07	5.85	2.39	3.65	0.36	0.03	13.35
Bybuss	D	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.50	0.59	1.63	0.52	0.36	0.03	3.62
Bybuss	D	Tettsted (>100 000 innb.)	0.88	6.46	2.39	3.65	0.36	0.03	13.77

Merknad: Ved rapportering av støykostnader er MC behandlet som et lett kjøretøy. Metodikken skiller kun mellom støykostnader for tunge og lette kjøretøy.

V1.2 Togtransport

Siden VISTA (2015) presenterer eksterne kostnader for jernbanetransport per tonnkm og kun for godstransport, vil vi i dette vedlegget gjøre det samme.

Tabell V1.13: Marginale skadekostnader, kr per tonnkm, døgnet sett under ett (2019-kr). Verdier fra VISTA (2015). Verdier representerer 2019-kr i 2019.

Togtype	Drivstoff	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Ulykker	Infrastruktur- kostnader	Totalt
Godstog (gjennomsnittscase)	Diesel	Spredt bebyggelse	0.01	0.01	0.00	0.01	0.10	0.14
Godstog (gjennomsnittscase)	Diesel	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.01	0.08	0.05	0.01	0.10	0.25
Godstog (gjennomsnittscase)	Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	0.01	0.41	0.37	0.01	0.10	0.91
Godstog (gjennomsnittscase)	Elektrisk	Spredt bebyggelse	0.00	0.00	0.00	0.01	0.10	0.12
Godstog (gjennomsnittscase)	Elektrisk	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.00	0.00	0.05	0.01	0.10	0.16
Godstog (gjennomsnittscase)	Elektrisk	Tettsted (>100 000 innb.)	0.00	0.00	0.37	0.01	0.10	0.49

Tabell V1.14: Marginale skadekostnader, kr per tonnkm, dagtid og nattestid (2019-kr). Beregninger for NTP 2022-2033. 2019-kr.

Togtype	Drivstoff	Tid	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Ulykker	Drift og vedlikehold	Reinvestering	SUM
Godstog (gjennomsnittscase)	Diesel	Dag	Spredd bebyggelse	0.02	0.02	0.01	0.00	0.04	0.08	0.17
Godstog (gjennomsnittscase)	Diesel	Dag	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.02	0.08	0.02	0.00	0.04	0.08	0.25
Godstog (gjennomsnittscase)	Diesel	Dag	Tettsted (>100 000 innb.)	0.02	0.47	0.02	0.00	0.04	0.08	0.64
Godstog (gjennomsnittscase)	Elektrisk	Dag	Spredd bebyggelse	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.08	0.13
Godstog (gjennomsnittscase)	Elektrisk	Dag	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.00	0.00	0.02	0.00	0.04	0.08	0.14
Godstog (gjennomsnittscase)	Elektrisk	Dag	Tettsted (>100 000 innb.)	0.00	0.00	0.02	0.00	0.04	0.08	0.14
Godstog (gjennomsnittscase)	Diesel	Natt	Spredd bebyggelse	0.02	0.02	0.06	0.00	0.04	0.08	0.22
Godstog (gjennomsnittscase)	Diesel	Natt	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.02	0.08	0.20	0.00	0.04	0.08	0.43
Godstog (gjennomsnittscase)	Diesel	Natt	Tettsted (>100 000 innb.)	0.02	0.47	0.21	0.00	0.04	0.08	0.83
Godstog (gjennomsnittscase)	Elektrisk	Natt	Spredd bebyggelse	0.00	0.00	0.06	0.00	0.04	0.08	0.18
Godstog (gjennomsnittscase)	Elektrisk	Natt	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.00	0.00	0.20	0.00	0.04	0.08	0.32
Godstog (gjennomsnittscase)	Elektrisk	Natt	Tettsted (>100 000 innb.)	0.00	0.00	0.21	0.00	0.04	0.08	0.33

V1.3 Sjøtransport

Siden VISTA (2015) presenterer eksterne kostnader for sjøtransport per tonnkm og kun for godstransport, vil vi i dette vedlegget gjøre det samme. VISTA (2015) aggregerte skipstypene til to typer; «mindre skip» (1000-4999 BT) og «større skip» (10000-24999 BT). Denne rapporten har en finere inndeling i både størrelseskategorier og skipstyper, så det blir vanskelig med direkte sammenligning. Vi mener likevel at tabellene kan likevel være illustrative for å forstå likheter og forskjeller mellom beregningene før og nå. På grunn av den relativt disaggregerte formen vi presenterer skadekostnader fra sjøfart på, vil vi forholde oss til en og en skadekostnad.

V1.3.1 Utslipp til luft

Tabell V1.15: Marginale skadekostnader fra utslipp til luft, kr per tonnkm (2019-kr). Verdier fra VISTA (2015). Verdier representerer 2019-kr i 2019.

	Små skip			Store skip		
	Spredd bebyggelse	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	Tettsted (>100 000 innb.)	Spredd bebyggelse	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	Tettsted (>100 000 innb.)
Klimagasser	0.011	0.011	0.011	0.006	0.006	0.006
Lokale utslipp	0.007	0.039	0.188	0.003	0.019	0.093

Av hensyn til oversiktighet ble både klimagasser og lokale utslipp aggregert i tabellene for skadekostnader av utslipp til luft.

Tabell V1.16: Marginale skadekostnader utslipp til luft, kr per tonnkm, spredtbygde strøk (2019-kr). Beregninger for NTP 2022-2033. 2019-kr.

skipstype_ngm	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	0.033	0.022	0.016	0.012	0.011	0.008	0.007	0.007
Container Lo/Lo		0.025	0.019	0.018	0.013			
Kjemi/Produkt tanker	0.081	0.023	0.018	0.015	0.014	0.009	0.007	0.008
Kjøle/fryseskip	0.052	0.037	0.030					
LPG/LNG	0.115	0.028	0.028	0.020	0.014	0.011	0.010	0.009
Ro-Ro cargo	0.062	0.031	0.024	0.022				
Tanker	0.052	0.027	0.016	0.021	0.010	0.011	0.006	0.005
Tørrbulk	0.039	0.019	0.016	0.014	0.009	0.008	0.006	0.005

Tabell V1.17: Marginale skadekostnader utslipp til luft, kr per tonnkm, nær mellomstore tettsteder (2019-kr). Beregninger for NTP 2022-2033. 2019-kr.

skipstype_ngm	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	0.073	0.050	0.037	0.029	0.028	0.019	0.019	0.018
Container Lo/Lo		0.056	0.044	0.047	0.033			
Kjemi/Produkt tanker	0.177	0.050	0.041	0.038	0.035	0.022	0.019	0.019
Kjøle/fryseskip	0.115	0.081	0.064					
LPG/LNG	0.253	0.062	0.065	0.048	0.035	0.027	0.024	0.022
Ro-Ro cargo	0.136	0.075	0.060	0.057				
Tanker	0.114	0.059	0.038	0.055	0.025	0.026	0.016	0.012
Tørrbulk	0.084	0.042	0.035	0.036	0.024	0.021	0.016	0.014

Tabell V1.18: Marginale skadekostnader utslipp til luft, kr per tonnkm, nær store tettsteder (2019-kr). Beregninger for NTP 2022-2033. 2019-kr.

skipstype_ngm	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	0.265	0.181	0.135	0.114	0.110	0.072	0.073	0.071
Container Lo/Lo		0.205	0.166	0.185	0.129			
Kjemi/Produkt tanker	0.644	0.184	0.154	0.145	0.135	0.085	0.072	0.072
Kjøle/fryseskip	0.419	0.295	0.230					
LPG/LNG	0.923	0.225	0.244	0.184	0.134	0.106	0.092	0.086
Ro-Ro cargo	0.496	0.282	0.231	0.221				
Tanker	0.417	0.216	0.139	0.214	0.097	0.098	0.063	0.048
Tørrbulk	0.307	0.153	0.130	0.139	0.094	0.081	0.063	0.054

V1.3.2 Ulykker

I både denne rapporten og hos VISTA (2015) gjør vi antagelsen at ulykkesrisikoen er lik per kilometer uavhengig om farvannet er langt fra tettbygde strøk eller nær tettbygde strøk. VISTA (2015) antar samme marginale skadekostnad per km som følge av ulykkesrisiko for begge sine aggregerte skipstyper.

Tabell V1.19: Marginale skadekostnader fra ulykker, kr per tonnkm (2019-kr). Verdier fra VISTA (2015). Verdier representerer 2019-kr i 2019.

Ulykkeskostnader per tonnkm (2019-kr)	0.005
---------------------------------------	-------

Tabell V1.20: Marginale skadekostnader fra ulykker, kr per tonnkm (2019-kr). Beregninger for NTP 2022-2033. 2019-kr.

skipstype_ngm	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	0.00081	0.00022	0.00008	0.00003	0.00002	0.00001	0.00001	0.00001
Container Lo/Lo		0.00014	0.00006	0.00003	0.00002			
Kjemi/Produkt tanker	0.00092	0.00016	0.00007	0.00003	0.00002	0.00002	0.00001	0.00001
Kjøle/fryseskip	0.00083	0.00022	0.00009					
LPG/LNG	0.00072	0.00015	0.00007	0.00003	0.00002	0.00001	0.00001	0.00001
Ro-Ro cargo	0.00095	0.00013	0.00007	0.00004				
Tanker	0.00081	0.00016	0.00007	0.00003	0.00002	0.00002	0.00001	0.00001
Tørrbulk	0.00067	0.00014	0.00007	0.00003	0.00002	0.00002	0.00001	0.00001

V1.3.3 Uhellsutslipp

I både denne rapporten og hos VISTA (2015) gjør vi antagelsen at risikoen for uhellsutslipp er lik per kilometer uavhengig om farvannet er langt fra tettbygde strøk eller nær tettbygde strøk. VISTA (2015) antar samme marginale skadekostnad per km som følge av ulykkesrisiko for begge sine aggregerte skipstyper.

Tabell V1.21: Marginale skadekostnader fra uhellsutslipp, kr per tonnkm (2019-kr). Verdier fra VISTA (2015). Verdier representerer 2019-kr i 2019.

Miljøskader ved uhellsutslipp per tonnkm (2019-kr)	0.02
--	------

Tabell V1.22: Marginale skadekostnader fra uhellsutslipp, kr per tonnkm (2019-kr). Beregninger for NTP 2022-2033. 2019-kr.

skipstype_ngm	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	0.019	0.013	0.009	0.004	0.003	0.002	0.002	0.002
Container Lo/Lo		0.008	0.007	0.005	0.003			
Kjemi/Produkt tanker	0.100	0.026	0.014	0.007	0.005	0.004	0.003	0.002
Kjøle/fryseskip	0.047	0.025	0.013					
LPG/LNG	0.041	0.017	0.008	0.005	0.003	0.002	0.002	0.001
Ro-Ro cargo	0.023	0.008	0.008	0.006				
Tanker	0.103	0.027	0.018	0.009	0.006	0.005	0.004	0.002
Tørrbulk	0.041	0.016	0.008	0.004	0.003	0.002	0.002	0.001

V1.4 Endringer fra tidligere beregninger – kort oppsummert

Avslutningsvis vil vi kort summere opp hva som bidrar til endringer i beregninger; om det er annet og/eller oppdatert datagrunnlag og/eller andre metoder som er brukt.

Type skadekostnad	Metodebruk sammenlignet med tidligere beregninger	Datagrunnlag sammenlignet med tidligere beregninger
Utslipp til luft	Verdsetting: Justeringer av underliggende metode Videre multipliseres enhetspriser med utslippskoeffisienter som før	Verdsetting: Oppdatert datagrunnlag Vegtransport: Oppdatert datagrunnlag Mest merkbart: nåværende bilpark har lavere utslipp per km enn tidligere. Togtransport: Tilnærmet likt datagrunnlag Sjøtransport: Oppdatert datagrunnlag
Ulykker	For beregninger av ulykkesrisiko: Vegtransport: Samme metode Sjøtransport og togtransport: Nå brukes konsistent metode som ved beregninger for vegtransport	Verdsetting: Realprisjustering av VSL Ulykkesrisiko: Vegtransport: Oppdatert datagrunnlag Mest merkbart: ulykkesrisikoen per km har vært fallende over tid. Togtransport: Oppdatert datagrunnlag Sjøtransport: Oppdatert datagrunnlag
Støy	Verdsetting: I tillegg til en justering av gammel metode hvor plage på lavere desibelnivå inkluderes, så utvides metoden ved å inkludere helseeffekter verdsatt med DALY Støyeeksponering: Vegtransport: Justeringer av samme metode. Togtransport: Nå brukes metode som er mer konsistent med slik det beregnes for vegtransport Sjøtransport: N/A	Verdsetting: Oppdatert datagrunnlag Mest merkbart er inkludering av helseeffekter Støyeeksponering: Vegtransport: Oppdatert datagrunnlag Togtransport: Oppdatert datagrunnlag Sjøtransport: N/A
Drift og vedlikehold	Verdsetting: Ny metode tett opptil den brukt av VTI i Sverige Merknad: Vinterdrift av veg er ikke lenger vurdert som en trafikkavhengig ekstern kostnad, men mer et resultat av vegstandard. Den ansees som en fast komponent av drift og vedlikeholds-budsjettet for en gitt veg.	Vegtransport: Nytt, mer detaljert datagrunnlag Togtransport: Nytt, mer detaljert datagrunnlag Sjøtransport: N/A
Køkostnader	Verdsetting: Ny metode (flere metoder for å estimere køfunksjoner ble testet), tett opp mot metode brukt av Sintef.	Nytt, mer detaljert datagrunnlag, fra et bredere sett av byer og vegstrekninger.
Akutte utslipp	Verdsetting: Baserer seg på samme underliggende metode for verdsetting Sannsynlighetsberegninger: Ny metode	Enhetspriser: Oppdatert datagrunnlag Datagrunnlag for utslippssannsynligheter: Nytt og oppdatert datagrunnlag

Vedlegg 2, Del 8 - Detaljerte tabeller for skadekostnader fra sjøtransport

Gitt den relativt disaggregerte framstillingen av marginale skadekostnader for sjøtransport, har vi kun presentert samletabellene i hovedrapporten. Tabellene for de enkelte skadekostnadene er gitt til oppdragsgiver i Excel-ark, men de er også gjengitt her i dette vedlegget.

V2.1 Utslipp til luft

Tabell V2.1: Marginale skadekostnader utslipp til luft, kr per fartøykm, spredtbygde strøk (2019-kr). Beregninger for NTP 2022-2033. 2019-kr.

skipstype_ngm	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	12.2	29.7	57.9	121.8	176.0	165.8	180.7	222.5
Container Lo/Lo		52.5	96.1	159.1	190.9	229.1	275.0	329.9
Cruise	54.6	230.2	484.7					
Hurtigbåt	22.5	137.6						
Innenlands_ropax	31.6	74.0						
Kjemi/Produkt tanker	26.0	43.2	78.6	146.1	186.2	165.8	181.6	278.2
Kjøle/fryseskip	18.6	48.9	98.1	180.0				
Kystrute	148.1	181.9						
LPG/LNG	46.8	53.8	123.5	186.1	194.3	230.0	259.4	347.6
Offshore skip	44.9	130.8	129.2					
Ro-Ro cargo	19.3	72.2	109.9	183.8	220.5			
Tanker	19.2	49.3	73.8	210.0	163.2	209.8	153.4	283.1
Tørrbulk	17.1	40.1	66.4	122.0	155.5	160.7	165.8	203.7
Utenlandsferge	242.9	256.5	413.0					

Tabell V2.2: Marginale skadekostnader utslipp til luft, kr per fartøykm, nær mellomstore tettsteder (2019-kr). Beregninger for NTP 2022-2033. 2019-kr.

skipstype_ngm	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	26.7	65.6	131.4	307.7	455.2	404.1	464.7	560.9
Container Lo/Lo		115.8	222.3	410.9	493.1	591.7	710.0	852.0
Cruise	119.6	580.6	1253.8					
Hurtigbåt	49.1	317.7						
Innenlands_ropax	69.8	168.0						
Kjemi/Produkt tanker	56.7	95.4	180.9	364.6	478.6	423.7	462.4	694.7
Kjøle/fryseskip	41.0	107.8	211.1	460.6				
Kystrute	372.6	464.0						
LPG/LNG	103.4	118.7	291.0	457.9	483.9	582.4	650.0	884.6
Offshore skip	98.2	287.2	286.5					
Ro-Ro cargo	42.4	171.3	272.0	469.7	563.7			
Tanker	42.0	108.6	168.3	544.4	409.3	501.3	389.7	721.1
Tørrbulk	37.4	88.5	150.1	314.2	399.7	409.7	419.7	529.2
Utenlandsferge	559.2	647.3	1055.8					

Tabell V2.3: Marginale skadekostnader utslipp til luft, kr per fartøykm, nær store tettsteder (2019-kr). Beregninger for NTP 2022-2033. 2019-kr.

skipstype_ngm	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	97.3	239.3	486.0	1196.7	1781.7	1535.5	1805.8	2160.0
Container Lo/Lo		422.6	829.9	1599.1	1918.9	2302.7	2763.2	3315.9
Cruise	435.7	2238.7	4852.6					
Hurtigbåt	178.7	1185.8						
Innenlands_ropax	255.6	622.4						
Kjemi/Produkt tanker	206.5	347.9	673.3	1401.0	1859.0	1641.5	1789.0	2666.0
Kjøle/fryseskip	149.5	393.1	759.6	1786.6				
Kystrute	1436.2	1797.5						
LPG/LNG	377.0	432.9	1092.6	1747.2	1855.3	2249.1	2498.6	3403.9
Offshore skip	357.8	1049.9	1052.5					
Ro-Ro cargo	154.7	646.2	1042.8	1831.3	2197.6			
Tanker	152.9	396.0	623.7	2122.0	1574.0	1887.3	1506.0	2775.7
Tørrbulk	136.4	322.9	554.3	1221.6	1552.9	1586.9	1620.9	2055.9
Utenlandsferge	2093.9	2519.1	4126.9					

V2.3 Ulykker

Da vi ikke har data som peker mot å benytte ulik ulykkesrisiko geografisk, antar vi at ulykkesrisikoen er lik per kilometer uavhengig om farvannet er langt fra tettbygde strøk eller nær tettbygde strøk. Dermed gjengir vi kun en tabell for ulykkeskostnader som dekker alle de tre områdetypene vi benytter i denne rapporten.

Tabell V2.4: Marginale skadekostnader fra ulykker, kr per fartøykm (2019-kr). Verdier fra VISTA (2015). Verdier representerer 2019-kr i 2019.

skipstype_ngm	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Container Lo/Lo		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Cruise	2.2	2.2	2.2					
Hurtigbåt	2.2	2.2						
Innenlands_ropax	2.2	2.2						
Kjemi/Produkt tanker	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Kjøle/fryseskip	0.3	0.3	0.3	0.3				
Kystrute	2.2	2.2						
LPG/LNG	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Offshore skip	0.3	0.3	0.3					
Ro-Ro cargo	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3			
Tanker	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Tørrbulk	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Utenlandsferge	2.2	2.2	2.2					

V2.3 Uhellsutslipp

Tabell V2.5: Marginale skadekostnader fra uhellsutslipp, kr per fartøykm (2019-kr). Beregninger for NTP 2022-2033, 2019-kr.

skipstype_ngm	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	7.1	16.6	33.6	44.1	44.1	45.6	45.6	45.6
Container Lo/Lo		16.6	35.3	45.6	45.6	57.4	57.4	59.2
Cruise	23.9	26.4	33.2					
Hurtigbåt	0.0	33.2						
Innenlands_ropax	8.2	16.5						
Kjemi/Produkt tanker	31.9	49.4	60.2	65.8	75.2	76.5	76.5	79.5
Kjøle/fryseskip	16.6	33.6	44.1	44.1				
Kystrute	24.6	24.6						
LPG/LNG	16.6	33.6	35.3	44.1	45.6	45.6	45.6	57.4
Offshore skip	17.3	18.0	18.3					
Ro-Ro cargo	7.1	17.3	35.8	45.6	57.4			
Tanker	37.9	48.7	79.2	91.7	93.2	101.4	101.4	107.3
Tørrbulk	18.0	33.6	35.3	35.8	44.1	44.1	45.6	45.6
Utenlandsferge	16.5	24.6	32.0					

Vedlegg 3, Del 8 - Avgifter som grovt internaliserer de eksterne kostnadene

Som diskutert i innledningen av rapporten, så er det først og fremst særavgiftene på drivstoff og evt. rapporterte utslipp av NO_x som grovt bidrar til internalisering av de eksterne kostnadene, da det er en tett sammenheng mellom hvor mye man kjører og hvor mye man betaler i avgift.

Alle tabellene i dette vedlegget er oversendt til oppdragsgiver i Excel-format, slik at de kan lettere benyttes seg av dem i egne analyser.

Det kan argumenteres at det er følgende avgifter som er aktuelle:

Avgiftsobjekt/ skadekilde	Avgiftsnavn	Gjelder for:
NO _x	Avgift på utslipp av NO _x , kr/kg	Avgiften omfatter utslipp av NO _x fra følgende kilder: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fremdriftsmaskineri med samlet installert motoreffekt på mer enn 750 kW ▪ Motorer, kjeler og turbiner med samlet installert innfyrt effekt på mer enn 10MW ▪ Fakler på offshoreinstallasjoner og anlegg på land Avgiften gjelder utslipp i Norge og på kontinentalsokkelen. For skipsfart omfattes utslipp fra fart innenfor norsk territorialfarvann og innenriksfart, selv om deler av farten skjer utenfor norsk territorialfarvann. Fritak for NO _x -avgift <ul style="list-style-type: none"> ▪ Enheter som er tilsluttet miljøavtalen om NO_x 2018-2025 (mer på på NHOs nettsider). ▪ Fartøy som brukes til fiske og fangst i fjerne farvann ▪ Direkte utenriksfart
CO ₂	CO ₂ -avgift, Bensin, kr/liter	Bensin
CO ₂	CO ₂ -avgift, Mineralolje generell sats, kr/liter	Diesel
CO ₂	LPG, kr/kg	LPG
CO ₂	CNG, kr/m ³	CNG
Veibruksavgift	Bensin, kr/liter	Bensin
Veibruksavgift	Autodiesel, kr/liter	Diesel
Veibruksavgift	LPG, kr/kg	LPG
Elektrisk kraft	Elektrisk kraft, øre/kWh	Generell sats
Grunnavgift mineralolje	Grunnavgift mineralolje kr/l	Generell sats
SO ₂	Svovelavgift, kr/liter	For mineralolje som inneholder 0,05 prosent vektandel svovel skal det betales 13,3 øre per liter for hver påbegynt 0,1 prosent vektandel svovel.

Basert på disse avgiftene kan vi beregne avgiftsbelegget per kjøretøykilometer, som kan sees i sammenheng med skadekostnader per kjøretøykilometer.

Tabell V3.1: Avgifter per km, tunge kjøretøy.

Vektklasse	Områdetype	liter per km	Avgift per km CO ₂	Avgift per km veibruksavgift	Sum avgifter per km
<=7.5t	Spredt bebyggelse	0.14	0.19	0.54	0.73
<=7.5t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.14	0.18	0.52	0.70
<=7.5t	Tettsted (>100 000 innb.)	0.14	0.18	0.52	0.70
>7.5-14t	Spredt bebyggelse	0.20	0.27	0.77	1.04
>7.5-14t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.20	0.28	0.78	1.06
>7.5-14t	Tettsted (>100 000 innb.)	0.20	0.28	0.78	1.06
>14-20t	Spredt bebyggelse	0.24	0.33	0.93	1.26
>14-20t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.26	0.35	0.99	1.34
>14-20t	Tettsted (>100 000 innb.)	0.26	0.35	0.99	1.34
>20-28t	Spredt bebyggelse	0.33	0.44	1.24	1.68
>20-28t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.35	0.48	1.34	1.82
>20-28t	Tettsted (>100 000 innb.)	0.35	0.48	1.34	1.82
>28-40t	Spredt bebyggelse	0.39	0.52	1.48	2.01
>28-40t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.42	0.56	1.59	2.16
>28-40t	Tettsted (>100 000 innb.)	0.42	0.56	1.59	2.16
>40-50t	Spredt bebyggelse	0.42	0.56	1.59	2.15
>40-50t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.45	0.61	1.72	2.33
>40-50t	Tettsted (>100 000 innb.)	0.45	0.61	1.72	2.33
>50-60t	Spredt bebyggelse	0.51	0.68	1.93	2.61
>50-60t	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.55	0.74	2.10	2.84
>50-60t	Tettsted (>100 000 innb.)	0.55	0.74	2.10	2.84
petrol	Spredt bebyggelse	0.18	0.21	0.95	1.17
petrol	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.19	0.22	0.97	1.19
petrol	Tettsted (>100 000 innb.)	0.19	0.22	0.97	1.19

Tabell V3.2: Avgifter per km, personbiler.

Drivstoff	Områdetype	liter per km	Avgift per km CO ₂	Avgift per km veibruksavgift	Sum avgifter per km
Diesel	Spredt bebyggelse	0.053	0.07	0.20	0.27
Diesel	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.061	0.08	0.23	0.31
Diesel	Tettsted (>100 000 innb.)	0.061	0.08	0.23	0.31
Hybrid	Spredt bebyggelse				
Hybrid	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)				
Hybrid	Tettsted (>100 000 innb.)				
LPG	Spredt bebyggelse	0.076	0.06	0.12	0.18
LPG	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.085	0.07	0.13	0.20
LPG	Tettsted (>100 000 innb.)	0.085	0.07	0.13	0.20
Bensin	Spredt bebyggelse	0.055	0.07	0.29	0.35
Bensin	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.061	0.07	0.32	0.40
Bensin	Tettsted (>100 000 innb.)	0.061	0.07	0.32	0.40

Tabell V3.3: Avgifter per km, varebiler, MC og busser.

Kjøretøy	Drivstoff	Områdetype	liter per km	Avgift per km CO ₂	Avgift per km veibruksavgift	Sum avgifter per km
Varebiler	D	Spredd bebyggelse	0.08	0.11	0.30	0.40
Varebiler	D	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.08	0.11	0.31	0.42
Varebiler	D	Tettsted (>100 000 innb.)	0.08	0.11	0.31	0.42
Varebiler	P	Spredd bebyggelse	0.06	0.07	0.32	0.40
Varebiler	P	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.07	0.08	0.36	0.44
Varebiler	P	Tettsted (>100 000 innb.)	0.07	0.08	0.36	0.44
MC	P	Spredd bebyggelse	0.03	0.04	0.16	0.20
MC	P	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.03	0.04	0.17	0.21
MC	P	Tettsted (>100 000 innb.)	0.03	0.04	0.17	0.21
Turbuss	D	Spredd bebyggelse	0.33	0.39	1.76	2.15
Turbuss	D	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.40	0.47	2.08	2.54
Turbuss	D	Tettsted (>100 000 innb.)	0.40	0.47	2.08	2.54
Bybuss	CNG	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)		0.53		0.53
Bybuss	CNG	Tettsted (>100 000 innb.)		0.53		0.53
Bybuss	D	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.37	0.43	1.93	2.37
Bybuss	D	Tettsted (>100 000 innb.)	0.37	0.43	1.93	2.37

Tabell V3.4: Avgifter per km, dieseltog.

Togtype	Områdetype	NO _x -avgift	CO ₂ avgift, kr/km	Generell sats, kr/km	Sum avgifter, kr/km
Godstog (gjennomsnittscase)	Spredd bebyggelse	6.81	10.45	12.78	30.04
Godstog (gjennomsnittscase)	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	6.81	10.45	12.78	30.04
Godstog (gjennomsnittscase)	Tettsted (>100 000 innb.)	6.81	10.45	12.78	30.04
Persontog	Spredd bebyggelse	1.27	1.94	2.38	5.59
Persontog	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	1.27	1.94	2.38	5.59
Persontog	Tettsted (>100 000 innb.)	1.27	1.94	2.38	5.59

For sjøfart er skipsklassifiseringen såpass disaggregert at vi kun viser den samlede beregnede avgiftsbelastningen fra CO₂-avgift, NO_x-avgift og svovelavgift for innenriks skipsfart:

Tabell V3.5: Avgifter per km, innenriks skipsfart, sum av CO₂-avgift, NO_x-avgift og SO₂-avgift (2019-kr).

skipstype_ngm	<1'	1'-5'	5'-15'	15'-25'	25'-35'	35'-45'	45'-55'	>55'
Breakbulk	12.78	32.78	63.67	132.56	202.07	200.52	222.62	275.58
Container Lo/Lo		57.95	106.32	196.41	235.70	282.84	339.40	407.28
Kjemi/Produkt tanker	27.05	47.71	88.27	175.52	229.37	204.38	223.66	341.02
Kjøle/fryseskip	20.40	53.94	108.86	220.56				
LPG/LNG	51.73	59.37	142.74	225.98	237.62	281.41	317.32	458.79
Ro-Ro cargo	20.79	81.64	129.89	207.63	249.15	168.41		
Tanker	20.02	54.41	82.18	259.99	199.71	254.25	189.05	374.37
Tørrbulk	17.89	44.28	73.10	150.22	191.42	196.95	202.49	266.79
Cruise	58.26	280.53	651.22					
Hurtigbåt	23.44	151.29						
Innenlands_ropax	33.26	80.36						
Kystrute	178.76	222.63						
Utenlandsferge	250.10	274.93	448.62					
Offshore skip	46.82	136.28	134.55					

Vedlegg 4, Del 8 - Hvordan bruke utslippsbaner og prisbaner til nyttekostnadsanalyse

I denne rapporten oppgis forventede utslippsbaner for bilparken og skipsflåten, og vi ser at det forventes fallende utslipp per kilometer over tid. Samtidig antas det at enhetsprisen per kg utslipp er stigende over tid. Den kostnadseffektive karbonprisbanen konsistent med Paris-avtalen er svært usikker, men den forventes å være sterkt stigende fram mot 2100. I tillegg forutsettes det at verdsettingen av NO_x og PM vil stige med inntektsveksten og skal dermed realprisjusteres i henhold til *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser*. Som det vises til i kapitlet om skadekostnader knyttet til utslipp til luft, så er også skadekostnaden per enhet også knyttet opp til antall mennesker som blir eksponert. Enhetsprisene for NO_x og PM i tettsteder hvor mennesker er eksponert bør derfor i tillegg til realprisjustering stige over tid i takt med befolkningsveksten.

Med både en utslippsbane og en enhetskostnadsbane, kan det lages en bane for skadekostnad per km for de aktuelle transportformene.

Et eksempel på anvendelse:

Å beregne nytteeffekten av å elektrifisere togstrekninger som i dag er dieseldrevet:

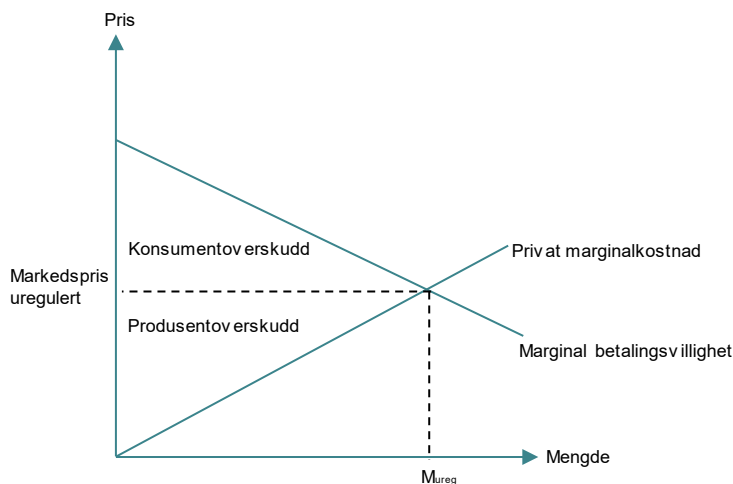
I nullalternativet beregnes utslipp fra de dieseldrevne togene på linja for hvert år i analyseperioden, fordelt på de aktuelle områdetypene. Utslipp per år per områdetype multipliseres med enhetspriser per år per områdetype. Denne strømmen av utslippskostnader diskonteres tilbake til henføringsåret og gir oss en netto nåverdi av utslippene fra dieseltogene på den linja. Det vil gjenspeile nyttevirkingen av å fjerne disse utslippene ved å elektrifisere togstrekningen, og således inngå i nyttekostnadsanalysen.

Vedlegg 5, Del 8 - Skadekostnader og økonomiske transaksjoner for utvalgte case

V5.1 Prinsipielle avklaringer om avgifter og samfunnsøkonomisk effektivitet

V5.1 Avgifter som maksimerer samfunnsøkonomisk effektivitet

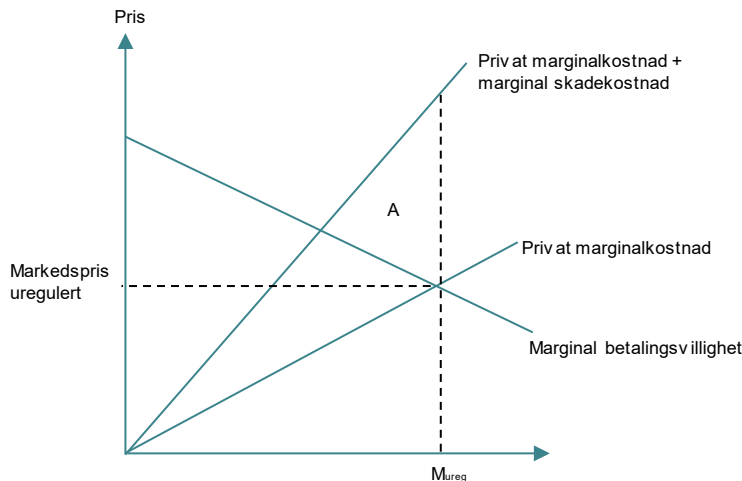
Fundamentalt i samfunnsøkonomifaget er at i et marked hvor det ikke forekommer noe markedssvikt, så er det samfunnsøkonomiske overskuddet maksimert når prisen er satt slik at forbrukernes marginale betalingsvillighet (MBV) er lik bedriftenes marginalkostnad (MK). Enkelt sagt, der tilbud er lik etterspørsel. Uten markedssvikt, så sammenfaller dette med at samfunnets MBV er lik samfunnets MK. En slik likevekt vises i figuren under.



Figur V5.1: Samfunnsøkonomisk effektiv likevekt i uregulert marked uten markedssvikt

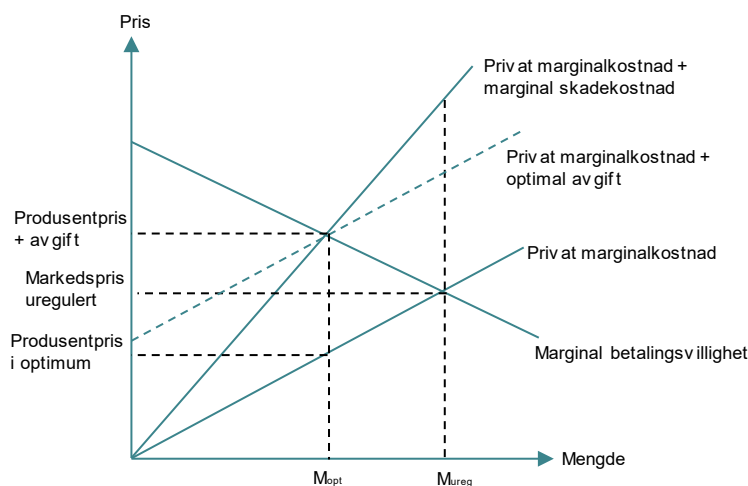
Denne likevekten er samfunnsøkonomisk effektiv (også kalt Pareto-optimal) siden overskuddet er maksimert og det ikke er mulig å øke velferden til noen i markedet uten at noen andres velferd må reduseres.

Hva som er en samfunnsøkonomisk effektiv likevekt endrer seg når det er en markedssvikt i markedet. En slik markedssvikt kan være eksterne kostnader. Dersom produksjonen av et gode (f.eks. transporttjenester) påfører andre i samfunnet en skade som produsenten (eller trafikanten) ikke blir belastet for, vil ikke lenger den private MK representere samfunnets MK. Samfunnets MK er da summen av privat MK og marginal skadekostnad. Dersom markedet blir overlatt til seg selv med en likevekt hvor privat MK er lik MBV, oppstår et dødvektstap som oppstår ved at det genereres mer skadekostnader fra produksjonen, enn det samfunnet er villig til å betale for. Markedsprisen er rett og slett for lav. Størrelsen på dødvektstapet sier noe om hvor ineffektiv likevekten er. Dødvektstapet vises i figuren med trekant A.



Figur V5.2: Markedslikevekt med et dødvestetap pga. eksterne kostnader som ikke internalisert

I en slik situasjon er det mest effektive myndighetene kan gjøre er å sørge for at prisen forbrukerne betaler gjenspeiler der hvor samfunnets MBV er lik samfunnets MK. En måte å sørge for at det skjer er å legge på en avgift som er lik marginal skadekostnad, som sikrer den mest effektive likevekten tilgjengelig.



Figur V5.3: Markedslikevekt hvor dødvestetapet fra eksterne kostnader er blitt fjernet som følge av bruk av samfunnsøkonomisk effektiv avgift (avgift = marginal skadekostnad)

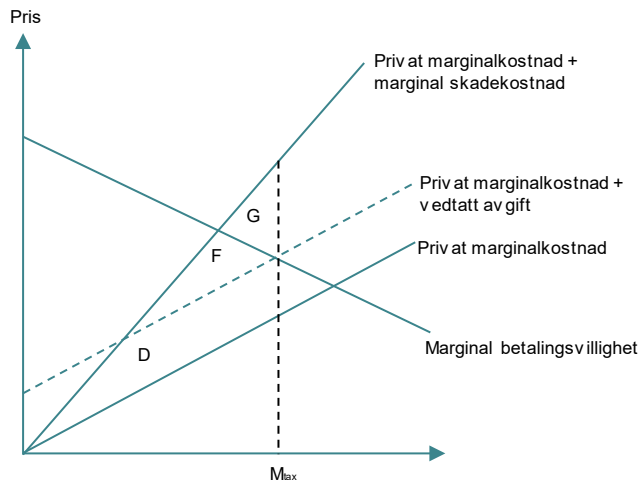
En avgift satt lik marginal skadekostnad er det mest effektive incentivet myndighetene kan gi under slike omstendigheter. Både avgifter høyere enn marginal skadekostnad og avgifter lavere enn marginalkostnad vil føre til mindre effektive likevekter.

V5.1.1 Samfunnsøkonomisk ineffektivitet av at avgifter avviker fra marginal skadekostnad

Dersom avgiftene er for lave, gir de for svake incentiver til å økonomisere med den forurensende aktiviteten sammenlignet med det som er optimalt, noe som er ineffektivt. Er avgiftene for høye så vil det fortrengte aktiviteter som det er betalingsvillighet for, selv med skadekostnad inkludert, som også er ineffektivt.

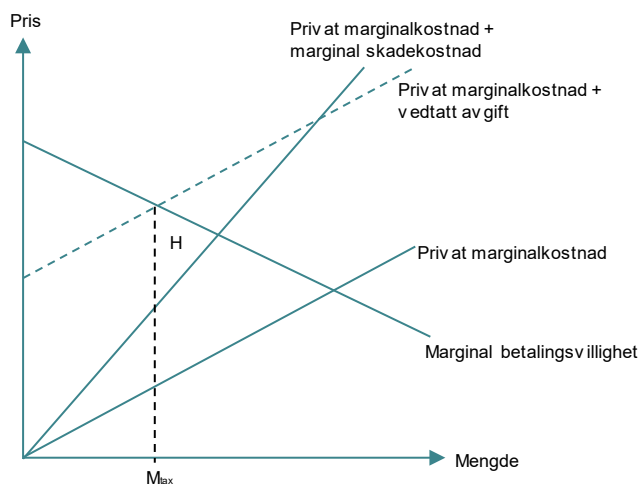
Dersom man har satt en avgift på den skadelige aktiviteten som er lavere enn optimalt, vil deler av skadekostnaden være internalisert, mens deler av skadekostnaden fortsatt vil være

ekstern. Dette er vist i figur V5.4. Den totale skadekostnaden er satt sammen av arealet D+F+G. Den internaliserte delen av skadekostnaden er arealet D. Den eksterne delen av skadekostnaden er arealet F+G. Effektivitetstapet utgjør arealet G, som et resultat av at det aktivtetsnivået har en større samfunnskostnad enn det er betalingsvillighet for.



Figur V5.4: Markedslikevekt med ineffektiv avgift som fører til underinternalisering og et dødvectstap

Figuren under viser effektivitetstapet av at man har en avgift høyre enn marginal skadekostnad. Her er aktivtetsnivået lavere enn det det er betalingsvillighet for, selv om man tar med skadekostnadene. Samfunnsøkonomisk lønnsom aktivitet blir blokkert, som gir effektivitetstapet representert av arealet H.



Figur V5.5: Markedslikevekt med ineffektiv avgift som fører til overinternalisering og et dødvectstap

V5.1.2 Hva betyr dette for nyttekostnadsanalyser?

Det kan være litt komplisert å holde fullstendig oversikt over nytte-, kostnads- og fordelingsvirkninger når man skal håndtere eksterne kostnader fra transportaktivitet i en nyttekostnadsanalyse. I slike tilfeller er bruttometoden, som brukes i Statens vegvesens NKAer, spesielt godt egnet (Minken & Samstad, 2005). Dette kan illustreres med et eksempel:

Sett at et tiltak fører til reduserte generaliserte reisekostnader, som videre fører til induisert trafikk. Dette medfører høyere brukernytte. Men den induserte trafikken medfører også høyere skadekostnader. Drivstoffavgifter (og eventuelt et framtidig system for veipricing) vil dempe noe av både trafikkveksten og skadekostnadsveksten som ellers ville kommet.

Økningen i drivstoffavgifter er en kostnad for trafikantene, men en inntekt for myndighetene. Det bokføres begge steder, men er i prinsippet en overføring mellom trafikanter og myndigheter. Derimot mottar gruppen «samfunnet for øvrig» nyttevirkinger ved at det innbetalte avgiftsbeløpet antas å avlette behovet for vridende skatter ellers. Det beregnes forenklet med skattevridningsfaktoren (20%) multiplisert med endringen i innbetalt avgiftsbeløp som følge av trafikkøkningen.

Tabell V5.1: Stilisert oppsett for trafikantnytte, skadekostnader og avgifter i nyttekostnadsanalyser

Konsekvenstema	Nytte-/Kostnadsvirkning
Trafikanter	+ Brutto trafikantnytte - Trafikantkostnader før avgifter - Avgifter
Myndigheter	+ Avgifter
Samfunnet for øvrig	+ Redusert skattevridningskostnad - Skadekostnader
Oppsummert	+Netto trafikantnytte +Redusert skattevridningskostnad - Skadekostnader

I dette eksemplet er det kun tre netto nytte- og kostnadsvirkninger, nemlig økt trafikantnytte, økte skadekostnader og reduserte skattevridningskostnader. Endringen i innbetalte avgifter er i nettoberegningen kun en omfordeling mellom trafikanter og myndigheter.

Det er viktig at NKAen har kontroll på avgiftene i transportsektoren av hensyn til skattevridningskostnader, fordelings effekter og, kanskje viktigst, at de utgjør en vesentlig del av transportbrukerens kostnadsbilde og er dermed viktig for å modellere hvordan transportlikevekten etter tiltaket ser ut. Å ha rimelige forutsetninger for f.eks. størrelsen på drivstoffavgiftene er viktig for å kunne gjøre rimelige forutsetninger om trafikkmengder og sammensetning av bilpark. Det er rett og slett viktig input til deskriptive modellberegninger. Deretter spiller avgifter inn på det normative, nemlig NKA, hvor skattevridningskostnader tas med. Eventuelle fordelings effekter kan redegjøres for i en tilleggsdiskusjon, som anbefalt i NOU 2012:16 (2012).

V5.1.3 Det norske systemet med avgifter, brukerbetaling og tilskudd

V5.1.3.1 Et teoretisk optimalt system

Det er utfordrende å holde en ryddig diskusjon om hvordan ulike deler av det norske systemet med avgifter, brukerbetaling og tilskudd bidrar til å korrigere markedssvikter eller introduserer nye markedssvikter. Og hvis nye markedssvikter introduseres, så er det utfordrende å vurdere om de kan det avlaste effektivitetstapet fra en annen markedssvikt, eller om de kan være en netto økning i samfunnsøkonomisk ineffektivitet.

Siden denne rapporten fokuserer på eksterne kostnader, mener vi det er fruktbart å først rendyrke diskusjonen utfra det. Vi tar utgangspunkt i følgende tankeeksperiment, hvor transportmarkedet forenkles til en ren teoretisk lærebok-samfunnsøkonomi.

La oss ta utgangspunkt i en økonomi med fullkommen konkurranse. Vi kan til og med se for oss at transportinfrastrukturen eies av ulike selskaper som er regulert som naturlige monopoler som konkurrerer med hverandre under benchmark-konkurranse (slik som lokale strømnettselskaper), som således sikrer effektivitet. Den eneste markedssvikten er

skadekostnaden som påføres per kjøretøykilometer for ulike transportmidler, for ulike deler av landet på ulike tider av døgnet.

I et slikt tilfelle er det eneste som trengs for å korrigere markedssvikt en avgift per kilometer som er satt lik marginal skadekostnad som varierer ut fra type kjøretøy, og hvor og når det kjøres. Det vil sikre en samfunnsøkonomisk optimal likevekt i transportmarkedet. Alle andre avgifter vil være overflødige⁴⁸. Provenyet fra den differensierte kilometeravgiften kan gis tilbake til innbyggerne i form av lump-sum utbetalinger, redusere andre vridende skatter eller brukes på samfunnsøkonomisk lønnsomme investeringer. Det viktigste er at provenyet ikke brukes til å forstyrre likevekten i det korrigerede transportmarkedet (så å tilbakeføre provenyet på bakgrunn av kjøring ville gi uheldige insentiver).

Vi kan bruke et slikt rendyrket teoretisk tankeeksperiment om et marked med fullkommen konkurranse og et fullstendig korrigeret transportmarked som utgangspunkt for diskusjonen av dagens system av avgifter, brukerbetalinger og tilskudd.

Hvilke avgifter/brukerbetalinger ville vi sett i et slikt fullkomment system? I prinsippet ville dette systemet hatt en CO₂-avgift på fossilt drivstoff, en differensiert kilometeravgift og brukerbetalinger som på mest effektivt vis akkurat sikrer drift og dekning av (og tillatt avkastning på) investert kapital (dvs. infrastruktur).

Myndigheten/operatøren bak disse avgiftene/brukerbetalingene burde også ha offentlig tilgjengelig sine beste estimater på hvordan de forventer disse avgiftene skal utvikle seg over tid, slik at transportbruker kan ta informerte valg ved eventuelle investeringer i kjøretøy.

Hvilke avgifter ville vi ikke sett i et slikt fullkomment system? Kjøps- og registreringsavgifter⁴⁹, årsavgifter og andre bruksuavhengige avgifter være både unødvendige for å korrigere markedssvikt, samtidig som de gir uheldige vridninger. For eksempel vil en kjøpsavgift på personbiler vri etterspørselen vekk fra nye personbiler generelt, selv om betalingsvilligheten er høyere enn prisen forhandleren er villig til å selge for. Samfunnsøkonomisk lønnsomme transaksjoner er blitt blokkert, noe som resulterer i et effektivitetstap (lignende effektivitetstap som i Figur 5).

V5.1.3.2 Presisjonsnivået på avgifter, brukerbetaling og tilskudd i dagens system

Vi lever selvfølgelig ikke i en slik teoretisk optimal verden som beskrevet i forrige delkapittel. Dagens system har utviklet seg over tid, både med skiftende politiske prioriteringer, og med både miljømessige og fiskale hensyn. Det miljømessige hensynet har også vært med på å gjøre det vanskelig å skille mellom rene brukerbetalinger og rene avgifter. For eksempel gjør miljødifferensiering av bompenger, havneavgifter og kaivederlag at det som i prinsippet kunne vært et rent instrument for kostnadsdekning, også bidrar til at transportbrukere tar innover seg at deres transportbruk har en miljømessig kostnad. Derfor anser vi det som hensiktsmessig å vurdere både avgifter og brukerbetalinger ut fra samme spørsmål – *med hvilken presisjon får de transportbrukeren til å ta innover seg skadekostnadene de påfører samfunnet?*

⁴⁸ Det kan til og med være tilfeller hvor overlapp mellom flere instrumenter (f.eks. avgifter) rettet mot samme målet om å redusere skadekostnader kan virke kontraproduktivt (Böhringer & Rosendahl, 2010)

⁴⁹ Kjøps- og registreringsavgifter kunne i prinsippet bli brukt til å korrigere markedssvikt fra *produksjon* av kjøretøyet, f.eks. ut fra CO₂-utslipp som ikke er omfattet av noe kvotemarked (f.eks. hvis kjøretøyet er produsert utenfor EU). Det ser vi bort ifra i dette tankeeksperimentet.

I vår vurdering så er en forutsetning for middels til høy presisjon at avgiften/brukerbetalingen er knyttet til turen som kjøres. Dersom transaksjonen skjer uavhengig av tur vil presisjonen nødvendigvis være lav.

I tabellen under gir vi en kvalitativ vurdering av presisjonsnivået på dagens avgifter og brukerbetalinger med tanke på internalisering av skadestrukturer. De ulike typene avgifter og brukerbetalinger vil bli gjennomgått mer i detalj i neste kapittel, hvor tankegangen bak den skjønsmessige inndelingen i høy, middels og lav presisjon er beskrevet.

	Avgifter	Brukerbetalinger
Høy presisjon	CO ₂ -avgift EU-ETS-kvoter	
Middels presisjon	Veibruksavgift Kjørevegsavgifter for tog Kapasitetspris tog Oslo Lokal Pris for tilgang til godsterminaler	Losberedskapsavgift, per anløp Losingsavgift Sikkerhetsavgift
Lav presisjon, knyttet til tur	NO _x -avgift SO ₂ -avgift Smøreoljeavgift Flyseteavgift Differensierte parkeringstakster Differensierte parkeringsavgifter Differensiert skattlegging av firmabil Momsfritak på nullutslippsbil Tilskudd til ladestasjoner og hydrogenanlegg Gratis lading på offentlige p-plasser Tilskudd knyttet til elvarebiler Støtte til innkjøp av nullutslippskjøretøy og tyngre biogassdrevne kjøretøy	Bompenger Anløpsavgift Kaivederlag
Lav (eller ingen) presisjon, ikke knyttet til tur	Vektårsavgift Miljødifferensiert årsavgift Engangsavgift ⁵⁰ Trafikkforsikringsavgift Omregistreringsavgift	Losberedskapsavgift, årsavgift Førstegangsgebyr, NOR/NIS Årsgebyr, NOR/NIS

V5.2 Gjennomgang av økonomiske transportpolitiske virkemidler

I dette kapitlet går vi igjennom en liste av avgifter og brukerbetalinger i transportsektoren, og vurderer dem opp mot hvilken grad de bidrar til at transportbrukeren tar innover seg skadestrukturer ved bruk av kjøretøyet. Vi mener det er hensiktsmessig å systematisere denne gjennomgangen i tabeller hvor vi stiller følgende tre spørsmål for hvert økonomiske virkemiddel:

- Hva gir avgiftene insentiver til? En avgift fører til at «noe» blir dyrere, og gir insentiver til at brukeren får insentiver til å økonomisere på dette.

⁵⁰ Det kan være verdt å nyansere presisjonen til engangsavgiften. CO₂-komponentene har vist seg å være særdeles effektiv i å få ned gjennomsnittlig utslipp fra nybilsflåten (Fridstrøm, 2019). Hvis dette sees i lys av at overholdelse av Parisavtalen innebærer raskt voksende CO₂-kostnader, så kan det argumenteres for at engangsavgiften gir effektiv internalisering av CO₂-kostnader over bilens levetid, da store deler av denne levetiden vil ha vesentlig høyere CO₂-kostnader enn i dag.

- Hva kan vi si om internalisering? I hvilken grad gir avgiften insentiver til brukeren til å tilpasse seg slik at samfunnets marginalkostnad er lik samfunnets marginale betalingsvilje (se kapittel 2). Dette er både et spørsmål om størrelsen på avgiften, og om presisjonen på innretningen til avgiften.
- Er det andre viktige aspekter ved avgiften? Eksempler på dette kan være: I hvilken grad gir avgiften insentiver til atferdstilpasninger som kan bidra til å påvirke det samfunnsøkonomiske regnestykket på lengre sikt?

Det kan være noe krevende å avgrense hvilke økonomiske transaksjoner som bør være med i denne kategoriseringen eller ikke. En nyttig inndeling gjort av Kystverket i forbindelse med rapporten «Kostnadskomponenter og -størrelser ved skipsanløp» (Menon Economics, 2018) for å klargjøre begrepene avgift, gebyr og vederlag.

Det som faller inn under «gebyret», «vederlag» og «brukerbetalingen» er mest utfordrende å vurdere hva som bør være med i denne gjennomgangen. Dersom gebyret/vederlaget/brukerbetalingen er direkte knyttet til en vare/tjeneste som det ville vært naturlig å ta betalt for dersom den ble levert av en privat aktør (eksempler inkluderer varevederlag, ISPS-vederlag, kranleie, stasjonstjenester for tog), og det ikke er satt noen prisdifferensiering satt utfra et miljøhensyn (eller andre skadekostnader), så anser vi den som ikke relevant for denne gjennomgangen. Slike ekskluderte transaksjoner ansees som «cost of doing business» som ville vært der uansett.

Vi deler kapitlet inn etter veitransport, banetransport, sjøtransport og lufttransport.

V5.2.1 Veitransport

Listen med relevante avgifter/brukerbetalinger er hentet fra rapporten «Dagens og morgendagens bilavgifter» (Fridstrøm, 2019).

Avgift	Hva gir avgiften insentiver til	Hva kan vi si om internalisering?	Andre aspekter
Engangsvavgiften, gradert etter (a) egenvekt, (b) typegodkjent CO ₂ -utslipp og (c) typegodkjent NO _x -utslipp. Hertil kommer (d) vrakpantavgift. Bruktimporterte biler får fradrag i engangsvavgiften bestemt av bilens alder, jf. skatteetatens bruksfradragstabell.	Avgiften gir, ceteris paribus, insentiver til å kjøpe biler som er lettere og har lavere typegodkjent CO ₂ -utslipp og NO _x -utslipp. Det gir også mindre insentiver til kjøp av bil generelt da produktet «bil» blir dyrere.	Utover at graden av internalisering er større enn null, er det vanskelig å si noe generelt, da det ikke er gitt at graden av forurensing henger sammen med graden av betaling. Forurensing avhenger av bruk av bilen. I tilfeller med høyt forbruk vil avgiften innebære en lavere grad av internalisering enn i tilfeller med lavt forbruk. Graden av internalisering må dermed beregnes for hvert spesifikke case. Presisjon: Lav (kan argumenteres for noe høyere presisjon for CO ₂ -komponenten)	Rebound-effekt – hvor stimulering til mer drivstoffeffektive biler fører til flere kjørte kilometer
Omregistreringsavgiften, som varierer i henhold til bilens alder og egenvekt	Avgiften gir, ceteris paribus, insentiver til å ikke omsette bruktbil. Insentivene er sterkere for yngre og tyngre biler. Ingen disinsentiver for omsetning av brukte nullutslippsbiler.	Vanskelig å si noe generelt, da det ikke er gitt at graden av forurensing henger sammen med graden av betaling. Den bidrar til et avgiftsgap mellom nullutslippsbiler og konvensjonelle biler over deres levetid, men det er uavhengig av bruken. Graden av internalisering må dermed beregnes for hvert spesifikke case. Presisjon: Lav	
Trafikkforsikringsavgiften (tidl. 'årsavgiften'), med forhøyet sats for dieselmotorer uten fabrikkmontert partikkelfilter	Avgiften gir, ceteris paribus, insentiver til å ikke eie (eller ha tilgjengelig til bruk) en bil. Disinsentivene er sterkere for dieselmotorer uten partikkelfilter. Ingen disinsentiver for nullutslippsbiler.	Vanskelig å si noe generelt, da det ikke er gitt at graden av forurensing henger sammen med graden av betaling. Den bidrar til et avgiftsgap mellom nullutslippsbiler og konvensjonelle biler gjennom et år, men det er uavhengig av bruken. Graden av internalisering må dermed beregnes for hvert spesifikke case. Presisjon: Lav	
Drivstoffavgiftene, med de to komponentene (a) veibruksavgift og (b) CO ₂ -avgift	Avgiften gir, ceteris paribus, insentiver til å bruke mindre drivstoff, enten ved å kjøre mindre, kjøre mer drivstoffeffektivt og/eller bytte til en mer drivstoffeffektiv (eller nullutslipp) bil.	Dersom vi har informasjon om bilens drivstoffeffektivitet, kan vi beregne avgiftsbelastningen per km. Da kan vi si noe om grad av internalisering under kjøring i de ulike områdetypene. Dette er beskrevet i et eget appendiks. Presisjon CO ₂ -avgift: Høy Presisjon veibruksavgift: Middels Ettersom veibruksavgiften er den dominerende komponenten, vurderes drivstoffavgiften som helhet til å ha middels presisjon.	På sikt kan det bidra til en rebound-effekt ved at mer drivstoffeffektive biler kjøpes som fører til mer kjøring.
Bompenger, varierende med veistrekning, framdriftsteknologi og/eller klokkeslett	Bompenger gir, ceteris paribus, insentiver til å unngå å kjøre på veier med bompengebetaling eller kjøre gjennom bomsnitt. Disinsentivene er lavere eller fraværende for nullutslippsbiler. I noen byer er det i tillegg disinsentiver for å kjøre gjennom bomsnitt i rushtiden.	Utover at graden av internalisering er større enn null, er det vanskelig å si noe generelt, da det ikke er gitt at skadestnader per tur henger sammen med betaling per tur. En lang tur som passerer et bomsnitt vil ha en lavere grad av internalisering enn en kort tur som passerer samme bomsnitt. Bompengesystemet bidrar til et avgiftsgap mellom nullutslippsbiler og fossilbiler over deres levetid, men det er bare løselig knyttet til bruken. Graden av internalisering må dermed beregnes for hvert spesifikke case. Internaliseringen kan med fordel også beregnes i transportmodellssystemet. Presisjon: Lav (kan argumenteres for noe høyere presisjon for bomringer med rushtidsdifferensiering)	Det forventes at kjørte km er lavere på veier med bompengebelastning enn det ellers hadde vært, men det kan være at kjørte km på veier som ikke er bompengebelastet er høyere enn det ellers ville vært, nettopp fordi bilister ønsker å omgå bompengebelastningen. Som en brukerbetaling kunne bompenger i prinsippet eksistert i frikonkurranse-tankeeksperimentet

Avgift	Hva gir avgiften insentiver til	Hva kan vi si om internalisering?	Andre aspekter
Fergetakster, varierende med kjøretøytype, overfartens lengde mv.	Fergetakster gir, som bompenger, insentiver til å unngå kjøring på strekninger hvor man må betale for ferge. Disinsentivene er lavere eller fraværende for nullutslippsbiler.	Fergebillettene kan oppfattes som betaling for en tjeneste snarere enn som en skatt. Den offentlig pålagte takstdifferensieringen gir likevel fergetakstene et visst preg av skatt. Den bidrar til et avgiftsgap mellom nullutslippsbiler og fossilbiler over deres levetid, men det er uavhengig av bruken. Graden av internalisering må dermed beregnes for hvert spesifikke case. Presisjon: Lav	
Offentlige parkeringsavgifter, varierende med lokalitet og tidspunkt	Offentlige parkeringsavgifter gir, ceteris paribus, insentiver til å unngå å parkere eller parkere kortere tid på tider og steder med parkeringsavgift. Disinsentivene er lavere eller fraværende for nullutslippsbiler.	Utover at graden av internalisering er større enn null, er det vanskelig å si noe generelt, da det ikke er gitt at skadeperspektivet per tur henger sammen med parkeringsbetaling per tur. En lang tur med parkeringsavgifter vil ha en lavere grad av internalisering enn en kort tur til samme sted. Parkeringsavgifter bidrar til et avgiftsgap mellom nullutslippsbiler og fossilbiler over deres levetid, men det er bare løselig knyttet til bruken. Graden av internalisering må dermed beregnes for hvert spesifikke case. Internaliseringen kan med fordel også beregnes i transportmodellsystemet. Presisjon: Lav	
Inntektsskatt på privat bruk av firmabil, varierende med skattyterens marginalskatt og med bilens alder og pris som ny.	Skatten gir, ceteris paribus, insentiver til å enten ikke disponere firmabil, eller disponere firmabiler som er billigere eller har nullutslipp.	Vanskelig å si noe generelt, da det ikke er gitt at graden av forurensing henger sammen med graden av betaling. Den bidrar til et avgiftsgap mellom nullutslippsbiler og fossilbiler over deres levetid, men det er uavhengig av bruken. Graden av internalisering må dermed beregnes for hvert spesifikke case. Presisjon: Lav	
Merverdiavgiften, som er null for nullutslippsbiler, 25 prosent for alle andre biler.	Momsfritaket gir, ceteris paribus, insentiver til å velge nullutslippsbil over fossildrevet bil. Det gir også økte insentiver til kjøp av bil generelt da et utvalg varianter av produktet «bil» blir billigere.	Vanskelig å si noe generelt, da det ikke er gitt at graden av forurensing henger sammen med graden av betaling. Den bidrar til et avgiftsgap mellom nullutslippsbiler og fossilbiler over deres levetid, men det er uavhengig av bruken. Graden av internalisering må dermed beregnes for hvert spesifikke case. Presisjon: Lav	Avgiftsfritaket bidrar sannsynligvis til et høyere nivå på bileierskap, ceteris paribus. Sannsynligvis bidrar det også til flere kjørte km.
Tilskudd til ladestasjoner og hydrogenanlegg	Tilskuddet gir insentiver til å etablere ladestasjoner og hydrogenanlegg. I neste omgang bidrar dette til å senke de generaliserte reisekostnadene til nullutslippsbiler, da dette i praksis vil øke deres rekkevidde.	Fra et skadeperspektiv er den direkte effekten av subsidier som gjør at generaliserte reisekostnader for nullutslippsbiler blir lavere å stimulere til økte skadeperspektiv. Det bidrar ikke til internalisering, men nullutslippsalternativer blir gjort mer konkurransedyktige enn konvensjonelle alternativer. Subsidiering av ladeinfrastruktur kan forsvares utfra nettverkseksternaliteter. Presisjon: Lav	
Gratis lading på offentlige parkeringsplasser	Denne ordningen gir insentiver for elbileiere til å lade på offentlige parkeringsplasser. I neste omgang bidrar dette til å senke de generaliserte reisekostnadene til elbiler.	Det bidrar ikke til internalisering, men nullutslippsalternativer blir gjort mer konkurransedyktige enn konvensjonelle alternativer. Presisjon: Lav	
Særskilt tilskudd ved vraking av varebil med forbrenningsmotor, såfremt det samtidig kan dokumenteres at varebilen, gjennom kjøp eller leasing, erstattes av nullutslippsvarebil.	Tilskuddet gir insentiver til å vrake en konvensjonell varebil og erstatte den med en nullutslippsvarebil.	Vanskelig å si noe generelt, da det ikke er gitt at forurensingskostnader henger sammen med graden av betaling. Den bidrar til et avgiftsgap mellom nullutslippsvarebiler og konvensjonelle varebiler over deres levetid, men det er uavhengig av bruken. Graden av internalisering må dermed beregnes for hvert spesifikke case. Presisjon: Lav	
Tilskuddsordning for kjøp av ny, helelektrisk varebil	Tilskuddet gir insentiver til å kjøpe helelektrisk varebil	Vanskelig å si noe generelt, da det ikke er gitt at forurensingskostnader henger sammen med graden av betaling. Den bidrar til et avgiftsgap mellom	Tilskuddet stimulerer også til flere varebiler totalt

Avgift	Hva gir avgiften insentiver til	Hva kan vi si om internalisering?	Andre aspekter
		nullutslippsvarebiler og konvensjonelle varebiler over deres levetid, men det er uavhengig av bruken. Graden av internalisering må dermed beregnes for hvert spesifikke case. Presisjon: Lav	
Vektårsavgift	Avgiften gir, ceteris paribus, insentiver til lastebileiere å velge lastebiler og vogntog med lavere belastning på veibanen.	Vanskelig å si noe generelt. Avgiften stimulerer til lavere slitasjekostnader per kilometer, men gir ingen insentiver til å økonomisere på antall kilometer, ettersom den er uavhengig av bruk. Graden av internalisering må dermed beregnes for hvert spesifikke case. Presisjon: Lav	
Miljødifferensiert årsavgift for tunge lastebiler	Avgiften gir, ceteris paribus, insentiver til lastebileiere å velge lastebiler og vogntog med lavere utslipp per km.	Vanskelig å si noe generelt. Avgiften stimulerer til lavere slitasjekostnader per kilometer, men gir ingen insentiver til å økonomisere på antall kilometer, ettersom den er uavhengig av bruk. Graden av internalisering må dermed beregnes for hvert spesifikke case. Presisjon: Lav	
Støtte til innkjøp av nullutslippskjøretøy og tyngre biogassdrevne kjøretøy	Tilskuddet gir insentiver til å kjøpe nyttetransportkjøretøy som er nullutslipp og tyngre biogassdrevne kjøretøy, såfremt det kan erstatte minst 10000 liter diesel per år.	Fra et CO ₂ -perspektiv er det i seg selv er det en viss presisjon over tilskuddet, idet det rangerer søkere etter kostnadseffektivitet (reduerte CO ₂ -utslipp per støttekrone), og har et krav om å erstatte minimum 10000 liter diesel per år. Det er tydelig rettet mot CO ₂ , men ikke rettet mot andre skadeposter. Presisjon: Lav	

V5.2.2 Banetransport

Avgifter knyttet til drivstoff er hentet fra Skatteetatens nettsider. Brukerbetalinger er hentet fra Bane NORs network statement (<http://networkstatement.jbv.no/doku.php?id=ns2020no:priser>). Samferdselsdepartementets kjøp av togtransport som offentlig tjeneste er beregnet utfra Trafikkavtalen mellom Samferdselsdepartementet og NSB AS og strekningsspesifikk trafikkarbeidsstatistikk fra SSBs statistikkbank.

Avgift/brukerbetaling/ tilskudd	Hva gir avgiften insentiver til	Hva kan vi si om internalisering?	Andre aspekter
CO ₂ -avgift	Avgiften gir, ceteris paribus, insentiver til å slippe ut mindre CO ₂ . Dette innebærer å bruke mindre drivstoff. Dette kan gjøres ved effektivisering og/eller tilbakelegge færre km.	Siden det er en lineær sammenheng mellom CO ₂ og drivstofforbruk er skadene av utslipp internalisert iht. størrelsen på avgiften. Per 2019 er anbefalt karbonpris lik karbonprisen i CO ₂ -avgiften, men anbefalt karbonprisbane er raskt voksende for å være konsistent med målsettingene i Parisavtalen. Presisjon: Høy	
NO _x -avgift	Avgiften gir, ceteris paribus, insentiver til å slippe ut mindre NO _x . Dette kan motivere til teknologisk utskifting for å få ned NO _x -utslipp per km, eller tilbakelegge færre km.	Siden bedrifter må rapportere inn NO _x -utslipp til skattemyndighetene, skal i prinsippet hver kg NO _x utslippet betales for. Dette innebærer internalisering iht avgiftssatsen. Avgiftssatsen er flat og gjenspeiler tiltakskostnaden for å overholde Gøteborg-protokollen, mens skadekostnader for utslipp i bynære områder er ikke internalisert. Presisjon: Lav	
Grunnavgift på mineralolje	Avgiften gir, ceteris paribus, insentiver til å bruke mindre drivstoff. Samme effekt som CO ₂ -avgiften.	Avgiftsbelastning per km vil avhenge av dieseltogets drivstoffeffektivitet. Avgiften gir likevel insentiver til å økonomisere på km som dermed gir en viss økonomisering av skadekostnader. Presisjon: Middels	
Kjørevegsgifter per brutto tonnkm, differensiert på strekninger	Avgiften gir, ceteris paribus, insentiver til å økonomisere med transportarbeidet. Jo mer man kjører og jo tyngre tog, jo høyere avgift	Avgiften er basert på økonometrisk analyse av marginale slitaskostnader fra BaneNOR. Innretningen virker rimelig, men som beskrevet i kap 3.4 i del 5 i rapporten, kommer vi fram til høyere marginalkostnader for drift, vedlikehold og reinvesteringer enn dagens satser. Presisjon: Middels	
Kapasitetspris Oslo Lokal, kr per tog	Avgiften gir insentiver til å økonomisere på kjøring i Oslo-området i rushtiden i områder hvor flere togselskap opererer.	Avgiften skal gjenspeile verdien av kapasitetsbegrensningene i jernbanenettet i og rundt Oslo. BaneNOR beskriver selv: «Tillegget er et signal om at transport av større verdi bør gis prioritet over transport av mindre verdi i konflikter hvor de prioriteringskriteriene ikke nødvendigvis gir samme resultat. Prisen er ikke basert på de kapasitetskostnader et JBF påfører de andre i det aktuelle geografiske området» Presisjon: Middels	
Priser for tilgang til kombi-/vognlastterminaler, kr per toganløp	Avgiften gir insentiver til å økonomisere på bruken av terminalinfrastruktur	Bane NOR beskriver: «Tilgangen til godsterminaler i Bane NORs regi prises i henhold til marginalkostnaden. Bane NOR har ikke hatt en økonomimodell egnet for kostnadsbelastning på denne type tjenester. Det er derfor benyttet «sjablong-tall» basert på infrastrukturkostnader på Alnabru og Ganddal i 2015 vedrørende godsterminaler og hensettingsspor.» Presisjon: Middels	
Samferdselsdepartementets avtale om utførelse av togtransport som offentlig tjeneste	Kan tolkes som et tilskudd	N/A	

I tillegg til disse punktene er det verdt å nevne at elektriske tog er fritatt for el-avgift.

Det er flere brukerbetalinger til Bane NOR enn det som er listet opp her. Disse inkluderer tjenester i serviceanlegg, tilleggstjenester, finansielle straffer og incentiver og ytelsesordning. Det er også nylig opprettet en [støtteordning for godstransport på jernbane](#) hvor jernbaneforetak kan søke om støtte for utført kombinerte transporter og vognlasttransporter. Jernbanedirektoratet foretar endelig beregning av støttebeløp.

V5.2.3 Sjøtransport

Kartleggingen av avgifter har tatt utgangspunkt i rapporten «Rammebetingelser i transport og logistikk» (Hovi, Bråthen, Hjelle, & Caspersen, 2014).

Avgift	Hva gir avgiften insentiver til	Hva kan vi si om internalisering?	Andre aspekter
CO ₂ -avgift	Avgiften gir, ceteris paribus, insentiver til å slippe ut mindre CO ₂ . Dette innebærer å bruke mindre drivstoff. Dette kan gjøres ved effektivisering og/eller tilbakelegge færre km.	Siden det er en lineær sammenheng mellom CO ₂ og drivstofforbruk er skadene av utslipp internalisert iht. størrelsen på avgiften. Per 2019 er anbefalt karbonpris lik karbonprisen i CO ₂ -avgiften, men anbefalt karbonprisbane er raskt voksende for å være konsistent med målsettingene i Parisavtalen. Presisjon: Høy	Direkte utenriksfart er unntatt. For øvrig er det er en viss fare for karbonlekkasje ved at skip i utenriks sjøfart fyller opp utenlands for å slippe å betale CO ₂ -avgiften.
NO _x -avgift	Avgiften gir, ceteris paribus, insentiver til å slippe ut mindre NO _x . Dette kan motivere til teknologisk utskifting for å få ned NO _x -utslipp per km, eller tilbakelegge færre km.	Siden bedrifter må rapportere inn NO _x -utslipp til skattemyndighetene, skal i prinsippet hver kg NO _x utslippet betales for. Dette innebærer internalisering iht avgiftssatsen. Avgiftssatsen er flat og gjenspeiler tiltakskostnaden for å overholde Gøteborg-protokollen, mens skadeposter for utslipp i bynære områder er ikke internalisert. Presisjon: Lav	Direkte utenriksfart er unntatt
Svovellavgift	Avgiften gir, ceteris paribus, insentiver til å slippe ut mindre svovel. Det kan motivere til å kjøpe mindre svovelholdig drivstoff, eller bruke mindre drivstoff for et gitt svovelinnhold.	Svovelutslipp henger i stor grad sammen med svovelinnholdet i drivstoffet, så i prinsippet skal vær kg SO ₂ utslippet betales for. Avgiftssatsen er flat og ligger høyere enn dagens estimater på skadeposter. En ny utredning på skadeposter av SO ₂ anbefales. Presisjon: Lav	Direkte utenriksfart er unntatt.
Førstegangsgebyr NIS	Avgiften gir insentiver til å ikke registrere skip i NIS, og gir insentiver til å eie mindre skip med lavere gebyr.	Den stimulerer til mindre skip med i snitt lavere skadeposter per km, men er ikke rettet mot skadeposter. I tillegg er avgiften helt uavhengig av bruk. Presisjon: Lav	
Årsgebyr NOR og NIS	Avgiften svekker insentiver til å ha skipet registrert i NOR og NIS, og gir insentiver til å eie mindre skip med lavere gebyr.	Den stimulerer til mindre skip med i snitt lavere skadeposter per km, men er ikke rettet mot skadeposter. I tillegg er avgiften helt uavhengig av bruk. Presisjon: Lav	
Losberedskapsavgift	Avgiften (i stor grad en brukerbetaling) svekker insentivene til å drive aktivitet innenfor avgiftsbelagt farvann, med sterkere disinsentiver for større skip. Fritaket for skip med høy miljøindeks gir insentiver til å bruke mer miljøvennlig fartøy.	Kan ansees som en tiltakskostnad for sikkerhet. Gir ikke i seg selv insentiver til mer sikker skipsfart på skipsnivå, men finansierer tiltak som sørger for mer sikkerhet i skipstrafikken. Betaling per anløp gir insentiver til å økonomisere med innseilinger, mens årsavgift er uavhengig av bruk. Bidrar også til et avgiftsgap mellom mer og mindre miljøvennlige skip over skipenes levetid, men det er uavhengig av hvor mye skadeposter fra forurensing som genereres. Presisjon: Avgift per innseiling: Middels Avgift per år: Lav	Som en brukerbetaling kunne losberedskapsavgift i prinsippet eksistert frikonkurranse-tankeeksperimentet
Losingsavgift	Avgiften (i stor grad en brukerbetaling), gir insentiver til å økonomisere med anløp, eller benytte seg av farledsbevis. Disse insentivene er sterkere jo større skipet er (skip under 8000 BT er fritatt).	Kan ansees som en tiltakskostnad for sikkerhet. Gir ikke i seg selv insentiver til mer sikker skipsfart på skipsnivå, men finansierer tiltak som sørger for mer sikkerhet i skipstrafikken. Presisjon: Middels	Som en brukerbetaling kunne losingsavgift i prinsippet eksistert frikonkurranse-tankeeksperimentet
Sikkerhetsavgift	Avgiften (i stor grad en brukerbetaling) gir insentiver til å økonomisere med anløp i områdene til sjøtrafikksentralene. Disinsentivene er sterkere jo større skipet er.	Kan ansees som en tiltakskostnad for sikkerhet. Gir ikke i seg selv insentiver til mer sikker skipsfart på skipsnivå, men finansierer tiltak som sørger for mer sikkerhet i skipstrafikken. Presisjon: Middels	Som en brukerbetaling kunne sikkerhetsavgift i prinsippet eksistert frikonkurranse-tankeeksperimentet

Avgift	Hva gir avgiften insentiver til	Hva kan vi si om internalisering?	Andre aspekter
Anløpsavgift	Avgiften (i stor grad en brukerbetaling) gir insentiver til å økonomisere med anløp. Varierer fra havn til havn. Skal dekke kommunens kostnader til offentlig myndighetsutøvelse etter havne- og farvannsloven med forskrifter, og kostnader til å legge til rette for sikkerhet og fremkommelighet i kommunens sjøområde. Noen havner gir rabatter utfra score på EPI miljøindeksen.	I stor grad en brukerbetaling for infrastruktur. Gir signaler om å økonomisere med anløp, men ingen direkte signaler om å økonomisere med skadekostnader. Presisjon: Lav	Som en brukerbetaling kunne anløpsavgift i prinsippet eksistert frikonkurranse-tankeeksperimentet
Kaivederlag	Vederlaget (i stor grad en brukerbetaling) gir insentiver til å økonomisere med anløp og kaiopphold. Noen havner gir rabatter utfra score på EPI miljøindeksen.	I stor grad en brukerbetaling for infrastruktur. Gir signaler om å økonomisere med kaiopphold, men ingen direkte signaler om å økonomisere med skadekostnader. Presisjon: Lav	Som en brukerbetaling kunne kaivederlag i prinsippet eksistert frikonkurranse-tankeeksperimentet

Det er flere brukerbetalinger til Bane NOR enn det som er listet opp her. Disse inkluderer avfallsgebyr, ISPS-vederlag, varevederlag og kranleie i havner. Disse anser vi som betalinger som ville vært gjort til en privat aktør om det offentlige ikke hadde vært involvert. Ingen av havnene i eksempelberegningene gir noen prisdifferensiering utfra miljøhensyn heller, som styrker vår vurdering at det er ryddigst å holde disse brukerbetalingene utenfor.

Kystverket har også en støtteordning for [godsoverføring fra vei til sjø](#) hvor redere kan søke om støtte til å realisere nye, eller under særlige vilkår, oppgradering av eksisterende sjøtransporttilbud mellom havner i EØS-området for utført kombinerte transporter og vognlasttransporter. Kystverket foretar den endelige nytteberegningen.

I tillegg kan det nevnes to ordninger som er økonomisk fordelaktig for sjøtransport. Den ene er nettolønnsordningen, hvor rederiene mottar en refusjon basert på innbetalt inntektsskatt, trygdeavgift og arbeidsgiveravgift for mannskap innenfor ordningen. Den andre er rederiskatteordningen, som er frivillig for selskapene å være med i, hvor selskaper innenfor har skattefritak for sine skipsfartsinntekter og betaler en moderat tonnasje-skatt.

V5.2.3 Lufftransport

Avgift	Hva gir avgiften insentiver til	Hva kan vi si om internalisering?	Andre aspekter
CO ₂ -avgift	Avgiften gir, ceteris paribus, insentiver til å slippe ut mindre CO ₂ . Dette innebærer å bruke mindre drivstoff. Dette kan gjøres ved effektivisering og/eller tilbakelegge færre km.	Siden CO ₂ er proporsjonalt med drivstofforbruk er skadene av utslipp internalisert iht. størrelsen på avgiften. Per 2019 er anbefalt karbonpris lik karbonprisen i CO ₂ -avgiften, men anbefalt karbonprisbane er raskt voksende for å være konsistent med målsettingene i Parisavtalen. Presisjon: Høy	Direkte utenriksfart er unntatt. For øvrig er ikke kostnadene fra de øvrige klimaeffektene (vanndamp, kondensstriper etc.) ikke med i CO ₂ -avgiften.
NO _x -avgift	Avgiften gir, ceteris paribus, insentiver til å slippe ut mindre NO _x . Dette kan motivere til teknologisk utskifting for å få ned NO _x -utslipp per km, eller tilbakelegge færre km.	Siden bedrifter må rapportere inn NO _x -utslipp til skattemyndighetene, skal i prinsippet hver kg NO _x utslippet betales for. Dette innebærer internalisering iht avgiftssatsen. Avgiftssatsen er flat og gjenspeiler tiltakskostnaden for å overholde Gøteborg-protokollen, mens skadekostnader for utslipp i bynære områder er ikke internalisert. Presisjon: Lav	Direkte utenriksfart er unntatt
Flyseteavgift	Avgiften gir, ceteris paribus, insentiver til å fly mindre. Differensieringen mellom innenfor og utenfor EU-ETS gir insentiver til å velge kvotebelagt flyvning over ikke-kvotebelagt flyvning	Fra et CO ₂ -perspektiv kan avgiften virke noe overflødig for innlandsflyvning ettersom den er kvotebelagt og betaler CO ₂ -avgift. Avgiften gir et signal om skadekostnader fra å fly (og eneste signal av denne typen for flyvning ut av kvoteområdet), men det differensierer ikke på flyturens lengde, som henger direkte sammen med utslipp. Presisjon: Lav	
EU-ETS-kvoter (CO ₂)	Så lenge kvotetaket i EU er bindende vil det være en positiv kvotepris, som gir insentiver til å slippe ut mindre CO ₂ .	Gitt EUs utslippsmål gir kvotesystemet presis internalisering av CO ₂ -utslipp. Presisjon: Høy	Det er en viss fare for at EUs kvotemarked har noe karbonlekkasje, og at enkeltland har mangelfull utslippsrapportering. Videre er ikke de øvrige klimagassene (vanndamp, kondensstriper etc.) ikke inkludert i CO ₂ -kvotemarkedet.

V5.3 Resultater

Skadekostnader, avgifter, brukerbetalinger og tilskudd er beregnet for noen spesifikke eksempler ønsket belyst av oppdragsgiver. For slike spesifikke eksempler må det tas spesifikke forutsetninger. Samtlige forutsetninger er dokumentert i Excel-ark som er sendt til oppdragsgiver.

Hensikten med eksempelberegningene er å kunne gjøre noen grove sammenligninger mellom ulike transportformer på sammenlignbare strekninger. De spesifiserte strekningene (tur-retur) er:

1. Oslo – Stavanger
2. Oslo – Bergen
3. Oslo – Trondheim
4. Trondheim – Bodø
5. Oslo – Kontinentet (Oslo – Hamburg for godstransport, Oslo – København for persontransport)

Merk at dette er eksempler på langturer hvor store deler av strekningene innebærer kjøring i spredtbygde strøk med lave skadekostnader per km, og representerer vesentlig lavere gjennomsnittlige skadekostnader per km enn daglig kjøring mellom forsteder og byer.

Enn viktig avgrensing er at vi kun beregner for langtransporten. Det gjøres ingen beregninger for tilbringer- og distribusjonstransport. Eventuelle skadekostnader eller avgifter knyttet til godshåndteringen er heller ikke tatt med.

Vi lister opp de viktigste forutsetningene for de ulike kjøretøytypene:

Godstransport på vei

For innenlandsk transport: Euro VI vogntog 40-50 tonn.

For utenriks transport: Euro VI vogntog 28-40 tonn.

Delene av transporten som foregår i byene skjer utenom rushtid.

Avgiftene/brukerbetalingene som er vurdert som aktuelle for disse eksempelberegningene er:

- Drivstoffavgifter
- Bompenger
- Vektårsavgift (brutt ned til en gjennomsnittlig avgift per km)
- Miljødifferensiert årsavgift (brutt ned til en gjennomsnittlig avgift per km)

Godstransport på bane

Dieseltog kjøres på strekningen Trondheim-Bodø, mens elektrisk tog kjøres på de øvrige strekningene.

Forutsettes å ha en bruttovekt på 861 tonn.

Delene av transporten som foregår i byene skjer utenom rushtid.

Avgiftene/brukerbetalingene som er vurdert som aktuelle for disse eksempelberegningene er:

- BANE NORs Grunnpris per btkm (med eventuelle rabatter for 2019)
- Priser for tilgang til godsterminal

- CO₂-avgift (for dieseltog)
- Grunnavgift på mineralolje (for dieseltog)
- NO_x-avgift (for dieseltog)

Siden det forutsettes at transporten foregår utenom rushtid, er kapasitetspris for Oslo ikke tatt med. Den nye støtteordningen for å flytte gods fra veitransport til banetransport er heller ikke tatt med siden Jernbanedirektoratet foretar endelig beregning av støttegrunnlag på bakgrunn av innkomne søknader.

Godstransport på sjø

I eksempelberegningene forutsettes et containerskip av størrelse 8187 BT og 9880 dwt.

For samtlige anløp forutsettes det at det betales for 3 timer med statslos for både inn og utseiling.

Avgiftene/brukerbetalingene som er vurdert som aktuelle for disse eksempelberegningene er:

- CO₂-avgift
- NO_x-avgift
- SO₂-avgift
- Smøreoljeavgift
- Førstegangsgebyr NIS (brutt ned til en gjennomsnittlig avgift per km)
- Årsgebyr NOR og NIS (brutt ned til en gjennomsnittlig avgift per km)
- Losberedskapsavgift, årsavgift (brutt ned til en gjennomsnittlig avgift per km)
- Losingsavgift⁵¹
- Sikkerhetsavgift
- Anløpsavgift
- Kaivederlag

Persontransport på vei

Den mest representative personbilen akkurat nå og de nærmeste åren vil være en diesebil. Vi har tatt utgangspunkt i medianverdien for dieserbiler fra salgsstatistikken fra 2016 fra Opplysningsrådet for Veitrafikk. Det gir en diesebil med en egenvekt på 1560 kg, et typegodkjent NO_x-utslipp på 55 mg/km og typegodkjent CO₂-utslipp på 133 g/km (som matcher bra med de aggregerte tallene i hovedrapporten).

Delene av transporten som foregår i byene skjer utenom rushtid.

Avgiftene/brukerbetalingene som er vurdert som aktuelle for disse eksempelberegningene er:

- Drivstoffavgift
- Bompenger
- Trafikkforsikringsavgift (brutt ned til en gjennomsnittlig avgift per km)
- Engangsgift (brutt ned til en gjennomsnittlig avgift per km)
- Omregistreringsavgift (brutt ned til en gjennomsnittlig avgift per km)

⁵¹ Etter innspill fra Kystverket vil vi bemerke at et containerskip av den størrelsen vi bruker i dette caset sannsynligvis ville bukt farledsbevis, ettersom farledsbevisavgiften ville innebære en lavere avgiftsbelastning enn losavgift ved mange havneanløp i året. Dette bidrar isolert sett til at avgiftsbelastningen i caset vil sannsynligvis være noe høyere enn den virkelige avgiftsbelastningen.

Persontransport på tog

Dieseltog kjøres på strekningen Trondheim-Bodø, mens elektrisk tog kjøres på de øvrige strekningene.

Forutsettes å ha en bruttovekt på 440 tonn.

Delene av transporten som foregår i byene skjer utenom rushtid.

Avgiftene/brukerbetalingene som er vurdert som aktuelle for disse eksempelberegningene er:

- BANE NORs Grunnpris per btkm
- CO₂-avgift (for dieseltog)
- Grunnavgift på mineralolje (for dieseltog)
- NO_x-avgift (for dieseltog)
- Samferdselsdepartementets kjøp av persontransport med tog som offentlig tjeneste

Hovedresultatene gis i følgende to tabeller

V5.3.1 Godstransport

Tabell V5.2: Eksempelberegninger for skadekostnader, avgifter og brukerbetaling for godstransport på vei, målt i kr per km (2019-kr).

	Skade-kostnad	Skade-kostnad	Skade-kostnad	Skade-kostnad	Skade-kostnad	Skade-kostnad	Avgift som signaliserer marginal skadekostnad med	Brukerbetaling som signaliserer marginal skadekostnad med	Avgift som signaliserer marginal skadekostnad med	Avgift som signaliserer marginal skadekostnad med
	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	Middels presisjon Drivstoffavgifter	Lav presisjon Bompenger	Lav presisjon Vektårs-avgift	Lav presisjon Miljødifferensiert årsavgift
Vogntog (euro VI, 40-50 tonn)										
Rundtur Oslo sentrum-Stavanger sentrum	0.50	0.14	0.42	0.11	0.40	0.15	2.16	0.46	0.09	0.01
Rundtur Oslo sentrum-Bergen sentrum	0.50	0.11	0.35	0.08	0.40	0.15	2.15	2.24	0.09	0.01
Rundtur Oslo sentrum-Trondheim sentrum	0.50	0.11	0.35	0.08	0.40	0.15	2.15	0.86	0.09	0.01
Rundtur Trondheim sentrum-Bodø sentrum	0.50	0.03	0.28	0.02	0.40	0.15	2.15	0.70	0.09	0.01
Vogntog (euro VI, 28-40 tonn)										
Rundtur Oslo-Hamburg	0.46	0.19	0.45	0.14	0.37	0.03	2.00	1.90	0.07	0.00

Tabell V5.3: Eksempelberegninger for skadekostnader, avgifter og brukerbetaling for godstransport på bane, målt i kr per km (2019-kr).

	Skade-kostnad	Skade-kostnad	Skade-kostnad	Skade-kostnad	Skade-kostnad	Skade-kostnad	Avgift som signaliserer marginal skadekostnad med	Brukerbetaling som signaliserer marginal skadekostnad med	Avgift som signaliserer marginal skadekostnad med	Brukerbetaling som signaliserer marginal skadekostnad med	Brukerbetaling som signaliserer marginal skadekostnad med	Brukerbetaling som signaliserer marginal skadekostnad med
	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Ulykker	Drift og vedlikehold	Re-investering	Høy presisjon CO ₂ -avgift	Lav presisjon NO _x -avgift	Lav presisjon Grunnavgift på mineralolje	Middels presisjon Btkm-basert grunnpris	Middels presisjon Rabatter grunnpris 2019	Lav presisjon Priser for tilgang til terminal
Rundtur Oslo sentrum-Stavanger sentrum	0.00	0.00	3.29	1.36	18.08	32.74	0.00	0.00	0.00	4.96	-3.46	0.37
Rundtur Oslo sentrum-Bergen sentrum	0.00	0.00	2.76	1.36	18.08	32.74	0.00	0.00	0.00	5.18	0.00	0.47
Rundtur Oslo sentrum-Trondheim sentrum	0.00	0.00	3.12	1.36	18.08	32.74	0.00	0.00	0.00	4.68	-3.30	0.26
Rundtur Trondheim sentrum-Bodø sentrum	10.48	9.65	2.78	1.36	18.08	32.74	10.45	6.81	12.78	4.67	-3.51	0.25
Rundtur Oslo-Hamburg	0.00	0.00	3.73	1.36	18.08	32.74	0.00	0.00	0.00	3.91	0.00	0.48

Tabell V5.4: Eksempelberegninger for skadekostnader, avgifter og brukerbetalinger for godstransport til sjøs, målt i kr per km (2019-kr).

	Skade-kostnad	Skade-kostnad	Skade-kostnad	Skade-kostnad	Avgift som sign. ... med	Avgift som sign. ... med	Avgift som sign. ... med	Avgift som sign. ... med	Gebyr som sign. ... med	Gebyr som sign. ... med	Bruker-betaling som sign. ... med	Bruker-betaling som sign. ... med	Bruker-betaling som sign. ... med	Bruker-betaling som sign. ... med	Bruker-betaling som sign. ... med
	CO ₂	Lokale utslipp	Ulykkes-rikisiko	Akutte utslipp	Høy presisjon CO ₂ -avgift	Lav presisjon NO _x -avgift	Lav presisjon SO ₂ -avgift	Middels presisjon Smøre-oljeavgift	Lav presisjon Første-gangs-gebyr	Lav presisjon Års-gebyr	Middels presisjon Losbered-skapsavgift, årsavgift	Middels presisjon Losings-avgift	Middels presisjon Sikkerhets-avgift	Middels presisjon Anløps-avgift	Lav presisjon Kai-vederlag
Rundtur Oslo sentrum-Stavanger sentrum	55.43	58.89	0.30	35.27	55.43	40.24	10.65	0.05	0.01	0.37	2.71	30.27	11.90	0.24	12.61
Rundtur Oslo sentrum-Bergen sentrum	55.43	54.77	0.30	35.27	55.43	40.24	10.65	0.05	0.01	0.37	2.71	23.43	2.67	0.79	7.62
Rundtur Oslo sentrum-Trondheim sentrum	55.43	48.42	0.30	35.27	55.43	40.24	10.65	0.05	0.01	0.37	2.71	12.90	1.47	1.67	4.93
Rundtur Trondheim sentrum-Bodø sentrum	55.43	45.38	0.30	35.27	55.43	40.24	10.65	0.05	0.01	0.37	2.71	29.05	0.00	5.56	6.73
Rundtur Oslo-Hamburg	55.43	72.65	0.30	35.27	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.37	2.71	34.51	7.85	0.00	12.80

Tabell V5.5: Oppsummering av eksempelberegninger for skadekostnader, avgifter og brukerbetalinger for godstransport på vei, målt i kr per km (2019-kr).

	Sum marginale skadekostnader (kr/km)	Sum avgifter, brukerbetalinger og tilskudd (kr/km)	Sum avgifter og brukerbetalinger (snitt kr/km) som signaliserer marginal skadekostnad med høy presisjon	Sum avgifter og brukerbetalinger (snitt kr/km) som signaliserer marginal skadekostnad med middels presisjon	Sum avgifter og brukerbetalinger (snitt kr/km) som signaliserer marginal skadekostnad med lav presisjon	Tilskudd/Offentlig kjøp (snitt kr/km)
Vogntog (euro VI, 40-50 tonn, m 15 tonn last) utenfor rushtiden						
Rundtur Oslo sentrum-Stavanger sentrum	1.72	2.72	0.00	2.16	0.56	0.00
Rundtur Oslo sentrum-Bergen sentrum	1.58	4.49	0.00	2.15	2.33	0.00
Rundtur Oslo sentrum-Trondheim sentrum	1.58	3.11	0.00	2.15	0.96	0.00
Rundtur Trondheim sentrum-Bodø sentrum	1.37	2.94	0.00	2.15	0.79	0.00
Vogntog (euro VI, 28-40 tonn) utenfor rushtiden						
Rundtur Oslo-Hamburg	1.65	3.97	0.00	2.00	1.97	0.00

Tabell V5.6: Oppsummering av eksempelberegninger for skadekostnader, avgifter og brukerbetalinger for godstransport på bane, målt i kr per km (2019-kr).

Tog	Sum marginale skadekostnader (kr/km)	Sum avgifter, brukerbetalinger og tilskudd (kr/km)	Sum avgifter og brukerbetalinger (snitt kr/km) som signaliserer marginal skadekostnad med høy presisjon	Sum avgifter og brukerbetalinger (snitt kr/km) som signaliserer marginal skadekostnad med middels presisjon	Sum avgifter og brukerbetalinger (snitt kr/km) som signaliserer marginal skadekostnad med lav presisjon	Tilskudd/Offentlig kjøp (snitt kr/km)
Rundtur Oslo sentrum-Stavanger sentrum	55.47	1.87	0.00	1.50	0.37	0.00
Rundtur Oslo sentrum-Bergen sentrum	54.94	5.64	0.00	5.18	0.47	0.00
Rundtur Oslo sentrum-Trondheim sentrum	55.30	1.63	0.00	1.37	0.26	0.00
Rundtur Trondheim sentrum-Bodø sentrum	75.08	31.46	10.45	1.17	19.84	0.00
Rundtur Oslo-Hamburg	55.91	4.39	0.00	3.91	0.48	0.00

Tabell V5.7: Oppsummering av eksempelberegninger for skadekostnader, avgifter og brukerbetalinger for godstransport til sjøs, målt i kr per km (2019-kr).

Skip	Sum marginale skadekostnader (kr/km)	Sum avgifter, brukerbetalinger og tilskudd (kr/km)	Sum avgifter og brukerbetalinger (snitt kr/km) som signaliserer marginal skadekostnad med høy presisjon	Sum avgifter og brukerbetalinger (snitt kr/km) som signaliserer marginal skadekostnad med middels presisjon	Sum avgifter og brukerbetalinger (snitt kr/km) som signaliserer marginal skadekostnad med lav presisjon	Tilskudd/Offentlig kjøp (snitt kr/km)
Rundtur Oslo sentrum-Stavanger sentrum	149.88	164.49	55.43	45.17	63.89	0.00
Rundtur Oslo sentrum-Bergen sentrum	145.76	143.96	55.43	29.64	58.90	0.00
Rundtur Oslo sentrum-Trondheim sentrum	139.41	130.43	55.43	18.79	56.21	0.00
Rundtur Trondheim sentrum-Bodø sentrum	136.37	150.81	55.43	37.37	58.01	0.00
Rundtur Oslo-Hamburg	163.64	58.31	0.00	45.13	13.19	0.00

V5.3.2 Persontransport

Tabell V5.8: Eksempelberegninger for skadekostnader, avgifter og brukerbetalinger for persontransport på vei, målt i kr per km (2019-kr)

	Skade-kostnad	Skade-kostnad	Skade-kostnad	Skade-kostnad	Skade-kostnad	Skade-kostnad	Avgift som signaliserer marginal skadekostnad med	Brukerbetaling som signaliserer marginal skadekostnad med	Avgift som signaliserer marginal skadekostnad med	Avgift som signaliserer marginal skadekostnad med	Avgift som signaliserer marginal skadekostnad med
	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	Middels presisjon Drivstoffavgifter	Lav presisjon Bompenger	Lav presisjon Trafikksikringsavgift	Lav presisjon Engangsavgift	Lav presisjon Omregistreringsavgift
Rundtur Oslo sentrum-Stavanger sentrum	0.06	0.02	0.07	0.11	0.12	0.03	0.27	0.20	0.19	0.56	0.02
Rundtur Oslo sentrum-Bergen sentrum	0.06	0.02	0.06	0.08	0.12	0.03	0.27	0.72	0.19	0.56	0.02
Rundtur Oslo sentrum-Trondheim sentrum	0.06	0.02	0.06	0.08	0.12	0.03	0.27	0.35	0.19	0.56	0.02
Rundtur Trondheim sentrum-Bodø sentrum	0.06	0.00	0.05	0.02	0.12	0.03	0.27	0.28	0.19	0.56	0.02
Rundtur Oslo-København	0.06	0.03	0.07	0.14	0.12	0.03	0.28	0.55	0.19	0.56	0.02

Tabell V5.9: Eksempelberegninger for skadekostnader, avgifter og brukerbetalinger for persontransport på bane, målt i kr per km (2019-kr)

	Skade-kostnad	Skade-kostnad	Skade-kostnad	Skade-kostnad	Skade-kostnad	Skade-kostnad	Avgift som signaliserer marginal skadekostnad med	Avgift som signaliserer marginal skadekostnad med	Avgift som signaliserer marginal skadekostnad med	Brukerbetaling som signaliserer marginal skadekostnad med	Tilskudd som signaliserer marginal skadekostnad med
	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Ulykker	Drift og vedlikehold	Re-investering	Høy presisjon CO ₂ -avgift	Høy presisjon NOx-avgift	Lav presisjon Grunnavgift på mineralolje	Middels presisjon Btkm-basert grunnpris	N/A Kjøp/Tilskudd fra Samfdep
Rundtur Oslo sentrum-Stavanger sentrum	0.00	0.00	0.54	1.04	18.08	32.74	0.00	0.00	0.00	6.97	-73.33
Rundtur Oslo sentrum-Bergen sentrum	0.00	0.00	0.52	1.04	18.08	32.74	0.00	0.00	0.00	7.13	-12.78
Rundtur Oslo sentrum-Trondheim sentrum	0.00	0.00	0.52	1.04	18.08	32.74	0.00	0.00	0.00	6.73	-14.06
Rundtur Trondheim sentrum-Bodø sentrum	1.95	1.79	0.47	1.04	18.08	32.74	1.94	1.27	2.38	6.63	-134.91
Rundtur Oslo-København	0.00	0.00	0.55	1.04	18.08	32.74	0.00	0.00	0.00	6.24	-59.81

Tabell V5.10: Oppsummering av eksempelberegninger for skadekostnader, avgifter og brukerbetalinger for persontransport på vei, målt i kr per km (2019-kr)

Personbil	Sum marginale skadekostnader (kr/km)	Sum avgifter, brukerbetalinger og tilskudd (kr/km)	Sum avgifter og brukerbetalinger (snitt kr/km) som signaliserer marginal skadekostnad med høy presisjon	Sum avgifter og brukerbetalinger (snitt kr/km) som signaliserer marginal skadekostnad med middels presisjon	Sum avgifter og brukerbetalinger (snitt kr/km) som signaliserer marginal skadekostnad med lav presisjon	Tilskudd/Offentlig kjøp (snitt kr/km)
Rundtur Oslo sentrum-Stavanger sentrum	0.41	1.25	0.00	0.27	0.97	0.00
Rundtur Oslo sentrum-Bergen sentrum	0.36	1.76	0.00	0.27	1.49	0.00
Rundtur Oslo sentrum-Trondheim sentrum	0.36	1.39	0.00	0.27	1.12	0.00
Rundtur Trondheim sentrum-Bodø sentrum	0.27	1.32	0.00	0.27	1.05	0.00
Rundtur Oslo-København	0.45	1.59	0.00	0.28	1.32	0.00

Tabell V5.11: Oppsummering av eksempelberegninger for skadekostnader, avgifter og brukerbetalinger for persontransport på bane, målt i kr per km (2019-kr)

Tog	Sum marginale skadekostnader (kr/km)	Sum avgifter, brukerbetalinger og tilskudd (kr/km)	Sum avgifter og brukerbetalinger (snitt kr/km) som signaliserer marginal skadekostnad med høy presisjon	Sum avgifter og brukerbetalinger (snitt kr/km) som signaliserer marginal skadekostnad med middels presisjon	Sum avgifter og brukerbetalinger (snitt kr/km) som signaliserer marginal skadekostnad med lav presisjon	Tilskudd/Offentlig kjøp (snitt kr/km)
Rundtur Oslo sentrum-Stavanger sentrum	52.40	-66.35	0.00	6.97	0.00	-73.33
Rundtur Oslo sentrum-Bergen sentrum	52.38	-5.65	0.00	7.13	0.00	-12.78
Rundtur Oslo sentrum-Trondheim sentrum	52.38	-7.33	0.00	6.73	0.00	-14.06
Rundtur Trondheim sentrum-Bodø sentrum	56.07	-122.70	3.21	6.63	2.38	-134.91
Rundtur Oslo-København	52.41	-53.57	0.00	6.24	0.00	-59.81

V5.4 Diskusjon og konklusjon

Det er mange ting med disse resultatene som kunne blitt diskutert, men i rammene av dette appendikset vil vi nøye oss med å trekke fra to hovedpoeng som kommer synlig fram i tabellene i kapittel 3:

- Det aller meste av avgifts/brukerbetalingsbelastningen signaliserer marginal skadekostnad med lav til middels presisjon.
- For disse eksempelberegningene ser vi at det er stor variasjon mellom transportmidlene med tanke på gjennomsnittlig avgifts/brukerbetalingsbelastning relativt til gjennomsnittlig marginal skadekostnad.

Vi utdyper disse punktene i kommende avsnitt:

Det aller meste av avgifts/brukerbetalingsbelastningen signaliserer marginal skadekostnad med lav til middels presisjon: Med utgangspunkt i oppsummeringstabellene (Tabell 5, 6, 10 og 11), ser vi at den eksempelberegningen med høyest andel av avgifts/brukerbetalingsbelastningen (heretter bare avgiftene) signaliserer med høy presisjon er for «Skip – Rundtur Oslo-Trondheim». Her er andelen av avgiftsbelastningen som signaliserer med høyn presisjon på 42%. For de øvrige eksemplene på innenriks skipsfart er andelen med høy presisjon på 34%-39%. I andre enden av skalaen er persontransport på veg. I disse eksempelberegningene er andelen av avgiftsbelastningen med lav presisjon på 78%-85%.

Systemet utformet på en slik måte at transportbrukeren ikke får tydelige signaler på hva de marginale skadekostnadene er. Dermed insentiveres ikke transportbrukeren til å økonomisere med skadekostnader på en måte som er samfunnsøkonomisk effektiv. Avgiftene gir ofte insentiver til å tilpasse seg på en måte som gir lavere skadekostnader, slik vi beskriver i kapittel 2, men ikke på mest effektivt vis.

For disse eksempelberegningene ser vi at det er stor variasjon mellom transportmidlene med tanke på gjennomsnittlig avgifts/brukerbetalingsbelastning relativt til gjennomsnittlig marginal skadekostnad: I de grove eksempelberegningene i kapittel 3 ser vi at vegtransporten har, per 2019, en avgiftsbelastning som er vesentlig høyere enn gjennomsnittlig marginal skadekostnad skulle tilsi. Dette gjelder for både gods- og persontransport. Isolert sett bidrar dette til et effektivitetstap. Når avgiftsbelastningen i tillegg signaliserer marginal skadekostnad med lav til middels presisjon, så vil det i liten grad forhindre effektivitetstapet skadekostnadene skapte i utgangspunktet.

I den andre enden av skalaen er jernbanetransporten. Der er avgiftsbelastningen generelt lav relativt til gjennomsnittlige marginale skadekostnader. Differensen blir spesielt stor for persontransport med tog hvis man tar med Samferdselsdepartementets kjøp av persontransport med tog. For skipstransport varierer det mellom eksempelberegningene om avgiftsbelastningen er noe over eller noe under gjennomsnittlig marginal skadekostnad.

Konklusjon

Det er mange hensyn å ta hensyn til i et avgifts-, brukerbetalings- og tilskuddssystem. Samfunnsøkonomisk effektivitet er ett av dem. Dette er et komplekst tema som kunne med fordel vært gjenstand for en større utredning. Men basert på den grove gjennomgangen av systemet i dette appendikset, samt noen eksempelberginger, ser dette systemet i liten grad til å ivareta samfunnsøkonomisk effektivitet.

Referanser, Del 8-5

- Böhringer, C., & Rosendahl, K. E. (2010). Green promotes the dirtiest: on the interaction between black and green quotas in energy markets. *Journal of Regulatory Economics*, 37(3), 316-325.
- Fridstrøm, L. (2019). Dagens og morgendagens bilavgifter. *TØI rapport 1708/2019*.
- Hovi, I. B., Bråthen, S., Hjelle, H. M., & Caspersen, E. (2014). Rammebetingelser i transport og logistikk. *TØI rapport, 1353*, 2014.
- Menon Economics. (2018). *Kostnadskomponenter og -størrelser ved skipsanløp*. Retrieved from menon.no
- Minken, H., & Samstad, H. (2005). *Nyttekostnadsanalyser i transportsektoren: Rammeverk for beregningene*. Transportøkonomisk institutt.
- NOU 2012:16. (2012). *Samfunnsøkonomiske analyser*. Oslo: Departementenes servicesenter.

Vedlegg 6, Del 8 - Skadekostnader fra vegtransport på Euroklassenivå

Etter ønske fra oppdragsgiver er skadekostnader fra vegtransport også brutt ned på Euroklassenivå og presentert i tabeller i rapporten. Sammenlignet med skadekostnadene gjengitt i kapitlet *Oppsummering marginale skadekostnader*, er den eneste forskjellen at utslipp per km er forskjellig, så skadekostnadene fra CO₂ og lokale utslipp vil være forskjellig. I HBEFA-datasettet er det kun diesel og bensinkjøretøy som er brutt ned på Euroklasser, så kjøretøy med andr drivstoff er utelatt i tabellene under.

Tabell V6.1: Tunge godsbiler etter Euroklasse (kun diesel), kr per km for ulike skadekostnader, døgnet sett under ett.

Vektklasse	Euroklasse	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
<=7.5t	Earlier classes	Spredt bebyggelse	0.19	0.11	0.24	0.00	0.55	0.00	1.09
<=7.5t	Earlier classes	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.20	0.66	1.63	0.21	0.55	0.00	3.24
<=7.5t	Earlier classes	Tettsted (>100 000 innb.)	0.20	4.26	2.39	1.48	0.55	0.00	8.87
<=7.5t	Euro-I	Spredt bebyggelse	0.17	0.08	0.24	0.00	0.55	0.00	1.03
<=7.5t	Euro-I	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.16	0.49	1.63	0.21	0.55	0.00	3.04
<=7.5t	Euro-I	Tettsted (>100 000 innb.)	0.16	3.21	2.39	1.48	0.55	0.00	7.79
<=7.5t	Euro-II	Spredt bebyggelse	0.16	0.08	0.24	0.00	0.55	0.00	1.03
<=7.5t	Euro-II	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.15	0.48	1.63	0.21	0.55	0.00	3.03
<=7.5t	Euro-II	Tettsted (>100 000 innb.)	0.15	3.09	2.39	1.48	0.55	0.00	7.67
<=7.5t	Euro-III	Spredt bebyggelse	0.17	0.06	0.24	0.00	0.55	0.00	1.02
<=7.5t	Euro-III	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.16	0.42	1.63	0.21	0.55	0.00	2.97
<=7.5t	Euro-III	Tettsted (>100 000 innb.)	0.16	2.80	2.39	1.48	0.55	0.00	7.38
<=7.5t	Euro-IV	Spredt bebyggelse	0.17	0.03	0.24	0.00	0.55	0.00	0.99
<=7.5t	Euro-IV	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.16	0.35	1.63	0.21	0.55	0.00	2.89
<=7.5t	Euro-IV	Tettsted (>100 000 innb.)	0.16	2.42	2.39	1.48	0.55	0.00	6.99
<=7.5t	Euro-V	Spredt bebyggelse	0.17	0.02	0.24	0.00	0.55	0.00	0.98
<=7.5t	Euro-V	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.16	0.31	1.63	0.21	0.55	0.00	2.85
<=7.5t	Euro-V	Tettsted (>100 000 innb.)	0.16	2.24	2.39	1.48	0.55	0.00	6.81
<=7.5t	Euro-VI	Spredt bebyggelse	0.17	0.01	0.24	0.00	0.55	0.00	0.96
<=7.5t	Euro-VI	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.16	0.20	1.63	0.21	0.55	0.00	2.74
<=7.5t	Euro-VI	Tettsted (>100 000 innb.)	0.16	1.72	2.39	1.48	0.55	0.00	6.29
>7.5-14t	Earlier classes	Spredt bebyggelse	0.26	0.19	0.24	0.00	0.55	0.03	1.27
>7.5-14t	Earlier classes	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.28	0.98	1.63	0.21	0.55	0.03	3.68
>7.5-14t	Earlier classes	Tettsted (>100 000 innb.)	0.28	5.72	2.39	1.48	0.55	0.03	10.45
>7.5-14t	Euro-I	Spredt bebyggelse	0.24	0.11	0.24	0.00	0.55	0.03	1.17
>7.5-14t	Euro-I	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.24	0.66	1.63	0.21	0.55	0.03	3.32
>7.5-14t	Euro-I	Tettsted (>100 000 innb.)	0.24	4.09	2.39	1.48	0.55	0.03	8.78
>7.5-14t	Euro-II	Spredt bebyggelse	0.23	0.11	0.24	0.00	0.55	0.03	1.16
>7.5-14t	Euro-II	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.23	0.65	1.63	0.21	0.55	0.03	3.30
>7.5-14t	Euro-II	Tettsted (>100 000 innb.)	0.23	3.90	2.39	1.48	0.55	0.03	8.58
>7.5-14t	Euro-III	Spredt bebyggelse	0.24	0.09	0.24	0.00	0.55	0.03	1.15
>7.5-14t	Euro-III	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.25	0.56	1.63	0.21	0.55	0.03	3.22

Vektklasse	Euroklasse	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
>7.5-14t	Euro-III	Tettsted (>100 000 innb.)	0.25	3.49	2.39	1.48	0.55	0.03	8.19
>7.5-14t	Euro-IV	Spredt bebyggelse	0.23	0.05	0.24	0.00	0.55	0.03	1.10
>7.5-14t	Euro-IV	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.24	0.45	1.63	0.21	0.55	0.03	3.11
>7.5-14t	Euro-IV	Tettsted (>100 000 innb.)	0.24	2.90	2.39	1.48	0.55	0.03	7.58
>7.5-14t	Euro-V	Spredt bebyggelse	0.24	0.03	0.24	0.00	0.55	0.03	1.09
>7.5-14t	Euro-V	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.24	0.39	1.63	0.21	0.55	0.03	3.05
>7.5-14t	Euro-V	Tettsted (>100 000 innb.)	0.24	2.64	2.39	1.48	0.55	0.03	7.32
>7.5-14t	Euro-VI	Spredt bebyggelse	0.24	0.01	0.24	0.00	0.55	0.03	1.07
>7.5-14t	Euro-VI	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.24	0.21	1.63	0.21	0.55	0.03	2.87
>7.5-14t	Euro-VI	Tettsted (>100 000 innb.)	0.24	1.76	2.39	1.48	0.55	0.03	6.45
>14-20t	Earlier classes	Spredt bebyggelse	0.34	0.23	0.24	0.00	0.55	0.09	1.46
>14-20t	Earlier classes	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.39	1.27	1.63	0.21	0.55	0.09	4.13
>14-20t	Earlier classes	Tettsted (>100 000 innb.)	0.39	7.21	2.39	1.48	0.55	0.09	12.11
>14-20t	Euro-I	Spredt bebyggelse	0.30	0.14	0.24	0.00	0.55	0.09	1.32
>14-20t	Euro-I	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.32	0.84	1.63	0.21	0.55	0.09	3.63
>14-20t	Euro-I	Tettsted (>100 000 innb.)	0.32	5.01	2.39	1.48	0.55	0.09	9.84
>14-20t	Euro-II	Spredt bebyggelse	0.29	0.15	0.24	0.00	0.55	0.09	1.32
>14-20t	Euro-II	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.31	0.84	1.63	0.21	0.55	0.09	3.62
>14-20t	Euro-II	Tettsted (>100 000 innb.)	0.31	4.78	2.39	1.48	0.55	0.09	9.60
>14-20t	Euro-III	Spredt bebyggelse	0.30	0.12	0.24	0.00	0.55	0.09	1.30
>14-20t	Euro-III	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.32	0.72	1.63	0.21	0.55	0.09	3.53
>14-20t	Euro-III	Tettsted (>100 000 innb.)	0.32	4.30	2.39	1.48	0.55	0.09	9.13
>14-20t	Euro-IV	Spredt bebyggelse	0.29	0.07	0.24	0.00	0.55	0.09	1.23
>14-20t	Euro-IV	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.30	0.59	1.63	0.21	0.55	0.09	3.37
>14-20t	Euro-IV	Tettsted (>100 000 innb.)	0.30	3.51	2.39	1.48	0.55	0.09	8.32
>14-20t	Euro-V	Spredt bebyggelse	0.29	0.05	0.24	0.00	0.55	0.09	1.21
>14-20t	Euro-V	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.30	0.51	1.63	0.21	0.55	0.09	3.29
>14-20t	Euro-V	Tettsted (>100 000 innb.)	0.30	3.19	2.39	1.48	0.55	0.09	8.00
>14-20t	Euro-VI	Spredt bebyggelse	0.29	0.01	0.24	0.00	0.55	0.09	1.18
>14-20t	Euro-VI	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.30	0.22	1.63	0.21	0.55	0.09	3.00
>14-20t	Euro-VI	Tettsted (>100 000 innb.)	0.30	1.83	2.39	1.48	0.55	0.09	6.65
>20-28t	Earlier classes	Spredt bebyggelse	0.45	0.27	0.24	0.00	0.55	0.07	1.58
>20-28t	Earlier classes	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.50	1.43	1.63	0.21	0.55	0.07	4.39
>20-28t	Earlier classes	Tettsted (>100 000 innb.)	0.50	8.00	2.39	1.48	0.55	0.07	12.99
>20-28t	Euro-I	Spredt bebyggelse	0.41	0.19	0.24	0.00	0.55	0.07	1.45
>20-28t	Euro-I	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.44	1.09	1.63	0.21	0.55	0.07	3.98
>20-28t	Euro-I	Tettsted (>100 000 innb.)	0.44	6.31	2.39	1.48	0.55	0.07	11.24
>20-28t	Euro-II	Spredt bebyggelse	0.41	0.19	0.24	0.00	0.55	0.07	1.46
>20-28t	Euro-II	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.44	1.08	1.63	0.21	0.55	0.07	3.97
>20-28t	Euro-II	Tettsted (>100 000 innb.)	0.44	5.97	2.39	1.48	0.55	0.07	10.90
>20-28t	Euro-III	Spredt bebyggelse	0.40	0.15	0.24	0.00	0.55	0.07	1.41
>20-28t	Euro-III	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.44	0.88	1.63	0.21	0.55	0.07	3.78
>20-28t	Euro-III	Tettsted (>100 000 innb.)	0.44	5.09	2.39	1.48	0.55	0.07	10.02
>20-28t	Euro-IV	Spredt bebyggelse	0.39	0.08	0.24	0.00	0.55	0.07	1.33
>20-28t	Euro-IV	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.41	0.68	1.63	0.21	0.55	0.07	3.55
>20-28t	Euro-IV	Tettsted (>100 000 innb.)	0.41	3.95	2.39	1.48	0.55	0.07	8.85
>20-28t	Euro-V	Spredt bebyggelse	0.38	0.06	0.24	0.00	0.55	0.07	1.30
>20-28t	Euro-V	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.41	0.57	1.63	0.21	0.55	0.07	3.44
>20-28t	Euro-V	Tettsted (>100 000 innb.)	0.41	3.45	2.39	1.48	0.55	0.07	8.35
>20-28t	Euro-VI	Spredt bebyggelse	0.38	0.01	0.24	0.00	0.55	0.07	1.25
>20-28t	Euro-VI	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.41	0.23	1.63	0.21	0.55	0.07	3.10

Vektklasse	Euroklasse	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
>20-28t	Euro-VI	Tettsted (>100 000 innb.)	0.41	1.85	2.39	1.48	0.55	0.07	6.75
>28-40t	Earlier classes	Spredt bebyggelse	0.53	0.32	0.24	0.00	0.37	0.03	1.49
>28-40t	Earlier classes	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.58	1.66	1.63	0.21	0.37	0.03	4.48
>28-40t	Earlier classes	Tettsted (>100 000 innb.)	0.58	9.16	2.39	1.48	0.37	0.03	14.01
>28-40t	Euro-I	Spredt bebyggelse	0.48	0.23	0.24	0.00	0.37	0.03	1.35
>28-40t	Euro-I	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.53	1.26	1.63	0.21	0.37	0.03	4.02
>28-40t	Euro-I	Tettsted (>100 000 innb.)	0.53	7.21	2.39	1.48	0.37	0.03	12.00
>28-40t	Euro-II	Spredt bebyggelse	0.48	0.23	0.24	0.00	0.37	0.03	1.34
>28-40t	Euro-II	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.51	1.23	1.63	0.21	0.37	0.03	3.98
>28-40t	Euro-II	Tettsted (>100 000 innb.)	0.51	6.72	2.39	1.48	0.37	0.03	11.49
>28-40t	Euro-III	Spredt bebyggelse	0.47	0.18	0.24	0.00	0.37	0.03	1.29
>28-40t	Euro-III	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.52	1.02	1.63	0.21	0.37	0.03	3.77
>28-40t	Euro-III	Tettsted (>100 000 innb.)	0.52	5.72	2.39	1.48	0.37	0.03	10.50
>28-40t	Euro-IV	Spredt bebyggelse	0.46	0.09	0.24	0.00	0.37	0.03	1.19
>28-40t	Euro-IV	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.49	0.72	1.63	0.21	0.37	0.03	3.45
>28-40t	Euro-IV	Tettsted (>100 000 innb.)	0.49	4.15	2.39	1.48	0.37	0.03	8.91
>28-40t	Euro-V	Spredt bebyggelse	0.46	0.06	0.24	0.00	0.37	0.03	1.16
>28-40t	Euro-V	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.49	0.59	1.63	0.21	0.37	0.03	3.32
>28-40t	Euro-V	Tettsted (>100 000 innb.)	0.49	3.56	2.39	1.48	0.37	0.03	8.32
>28-40t	Euro-VI	Spredt bebyggelse	0.46	0.01	0.24	0.00	0.37	0.03	1.11
>28-40t	Euro-VI	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.50	0.23	1.63	0.21	0.37	0.03	2.96
>28-40t	Euro-VI	Tettsted (>100 000 innb.)	0.50	1.85	2.39	1.48	0.37	0.03	6.61
>40-50t	Earlier classes	Spredt bebyggelse	0.57	0.35	0.24	0.00	0.40	0.15	1.70
>40-50t	Earlier classes	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.63	1.79	1.63	0.21	0.40	0.15	4.80
>40-50t	Earlier classes	Tettsted (>100 000 innb.)	0.63	9.77	2.39	1.48	0.40	0.15	14.82
>40-50t	Euro-I	Spredt bebyggelse	0.51	0.24	0.24	0.00	0.40	0.15	1.53
>40-50t	Euro-I	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.55	1.33	1.63	0.21	0.40	0.15	4.27
>40-50t	Euro-I	Tettsted (>100 000 innb.)	0.55	7.53	2.39	1.48	0.40	0.15	12.50
>40-50t	Euro-II	Spredt bebyggelse	0.50	0.24	0.24	0.00	0.40	0.15	1.54
>40-50t	Euro-II	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.55	1.31	1.63	0.21	0.40	0.15	4.25
>40-50t	Euro-II	Tettsted (>100 000 innb.)	0.55	7.09	2.39	1.48	0.40	0.15	12.06
>40-50t	Euro-III	Spredt bebyggelse	0.51	0.20	0.24	0.00	0.40	0.15	1.49
>40-50t	Euro-III	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.56	1.09	1.63	0.21	0.40	0.15	4.04
>40-50t	Euro-III	Tettsted (>100 000 innb.)	0.56	6.10	2.39	1.48	0.40	0.15	11.08
>40-50t	Euro-IV	Spredt bebyggelse	0.50	0.10	0.24	0.00	0.40	0.15	1.39
>40-50t	Euro-IV	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.54	0.75	1.63	0.21	0.40	0.15	3.68
>40-50t	Euro-IV	Tettsted (>100 000 innb.)	0.54	4.30	2.39	1.48	0.40	0.15	9.25
>40-50t	Euro-V	Spredt bebyggelse	0.49	0.07	0.24	0.00	0.40	0.15	1.35
>40-50t	Euro-V	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.54	0.61	1.63	0.21	0.40	0.15	3.53
>40-50t	Euro-V	Tettsted (>100 000 innb.)	0.54	3.64	2.39	1.48	0.40	0.15	8.60
>40-50t	Euro-VI	Spredt bebyggelse	0.50	0.01	0.24	0.00	0.40	0.15	1.30
>40-50t	Euro-VI	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.54	0.22	1.63	0.21	0.40	0.15	3.15
>40-50t	Euro-VI	Tettsted (>100 000 innb.)	0.54	1.84	2.39	1.48	0.40	0.15	6.80
>50-60t	Earlier classes	Spredt bebyggelse	0.69	0.42	0.24	0.00	0.40	0.23	1.98
>50-60t	Earlier classes	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.76	2.13	1.63	0.21	0.40	0.23	5.36
>50-60t	Earlier classes	Tettsted (>100 000 innb.)	0.76	11.50	2.39	1.48	0.40	0.23	16.76
>50-60t	Euro-I	Spredt bebyggelse	0.61	0.29	0.24	0.00	0.40	0.23	1.77
>50-60t	Euro-I	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.67	1.57	1.63	0.21	0.40	0.23	4.70
>50-60t	Euro-I	Tettsted (>100 000 innb.)	0.67	8.77	2.39	1.48	0.40	0.23	13.94
>50-60t	Euro-II	Spredt bebyggelse	0.61	0.30	0.24	0.00	0.40	0.23	1.78
>50-60t	Euro-II	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.67	1.55	1.63	0.21	0.40	0.23	4.69

Vektklasse	Euroklasse	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
>50-60t	Euro-II	Tettsted (>100 000 innb.)	0.67	8.27	2.39	1.48	0.40	0.23	13.44
>50-60t	Euro-III	Spredt bebyggelse	0.61	0.23	0.24	0.00	0.40	0.23	1.71
>50-60t	Euro-III	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.67	1.28	1.63	0.21	0.40	0.23	4.42
>50-60t	Euro-III	Tettsted (>100 000 innb.)	0.67	6.97	2.39	1.48	0.40	0.23	12.14
>50-60t	Euro-IV	Spredt bebyggelse	0.60	0.12	0.24	0.00	0.40	0.23	1.59
>50-60t	Euro-IV	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.65	0.83	1.63	0.21	0.40	0.23	3.95
>50-60t	Euro-IV	Tettsted (>100 000 innb.)	0.65	4.68	2.39	1.48	0.40	0.23	9.83
>50-60t	Euro-V	Spredt bebyggelse	0.60	0.08	0.24	0.00	0.40	0.23	1.55
>50-60t	Euro-V	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.65	0.66	1.63	0.21	0.40	0.23	3.78
>50-60t	Euro-V	Tettsted (>100 000 innb.)	0.65	3.89	2.39	1.48	0.40	0.23	9.04
>50-60t	Euro-VI	Spredt bebyggelse	0.60	0.01	0.24	0.00	0.40	0.23	1.48
>50-60t	Euro-VI	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.65	0.23	1.63	0.21	0.40	0.23	3.35
>50-60t	Euro-VI	Tettsted (>100 000 innb.)	0.65	1.86	2.39	1.48	0.40	0.23	7.01

Tabell V6.2: Personbiler etter Euroklasse (kun bensin og diesel), kr per km for ulike skadekostnader, døgnet sett under ett.

Drivstoff	Euroklasse	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
Diesel	Euro-0	Spredt bebyggelse	0.09	0.02	0.04	0.00	0.12	0.03	0.30
Diesel	Euro-0	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.10	0.14	0.30	0.21	0.12	0.03	0.90
Diesel	Euro-0	Tettsted (>100 000 innb.)	0.10	0.95	0.33	1.48	0.12	0.03	3.01
Diesel	Euro-1	Spredt bebyggelse	0.08	0.02	0.04	0.00	0.12	0.03	0.28
Diesel	Euro-1	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.09	0.12	0.30	0.21	0.12	0.03	0.87
Diesel	Euro-1	Tettsted (>100 000 innb.)	0.09	0.87	0.33	1.48	0.12	0.03	2.91
Diesel	Euro-2	Spredt bebyggelse	0.08	0.02	0.04	0.00	0.12	0.03	0.28
Diesel	Euro-2	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.09	0.12	0.30	0.21	0.12	0.03	0.86
Diesel	Euro-2	Tettsted (>100 000 innb.)	0.09	0.78	0.33	1.48	0.12	0.03	2.83
Diesel	Euro-3	Spredt bebyggelse	0.08	0.02	0.04	0.00	0.12	0.03	0.28
Diesel	Euro-3	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.09	0.10	0.30	0.21	0.12	0.03	0.85
Diesel	Euro-3	Tettsted (>100 000 innb.)	0.09	0.63	0.33	1.48	0.12	0.03	2.68
Diesel	Euro-4	Spredt bebyggelse	0.07	0.01	0.04	0.00	0.12	0.03	0.27
Diesel	Euro-4	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.08	0.08	0.30	0.21	0.12	0.03	0.82
Diesel	Euro-4	Tettsted (>100 000 innb.)	0.08	0.52	0.33	1.48	0.12	0.03	2.56
Diesel	Euro-5	Spredt bebyggelse	0.07	0.02	0.04	0.00	0.12	0.03	0.27
Diesel	Euro-5	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.08	0.11	0.30	0.21	0.12	0.03	0.84
Diesel	Euro-5	Tettsted (>100 000 innb.)	0.08	0.60	0.33	1.48	0.12	0.03	2.64
Diesel	Euro-6	Spredt bebyggelse	0.07	0.01	0.04	0.00	0.12	0.03	0.26
Diesel	Euro-6	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.08	0.07	0.30	0.21	0.12	0.03	0.80
Diesel	Euro-6	Tettsted (>100 000 innb.)	0.08	0.44	0.33	1.48	0.12	0.03	2.48
Bensin	Euro-0	Spredt bebyggelse	0.11	0.03	0.04	0.00	0.12	0.03	0.33
Bensin	Euro-0	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.13	0.14	0.30	0.21	0.12	0.03	0.92
Bensin	Euro-0	Tettsted (>100 000 innb.)	0.13	0.74	0.33	1.48	0.12	0.03	2.83
Bensin	Euro-1	Spredt bebyggelse	0.10	0.02	0.04	0.00	0.12	0.03	0.30
Bensin	Euro-1	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.11	0.09	0.30	0.21	0.12	0.03	0.86
Bensin	Euro-1	Tettsted (>100 000 innb.)	0.11	0.52	0.33	1.48	0.12	0.03	2.59
Bensin	Euro-2	Spredt bebyggelse	0.09	0.01	0.04	0.00	0.12	0.03	0.28
Bensin	Euro-2	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.10	0.06	0.30	0.21	0.12	0.03	0.82
Bensin	Euro-2	Tettsted (>100 000 innb.)	0.10	0.40	0.33	1.48	0.12	0.03	2.46
Bensin	Euro-3	Spredt bebyggelse	0.09	0.00	0.04	0.00	0.12	0.03	0.28

Drivstoff	Euroklasse	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
Bensin	Euro-3	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.10	0.03	0.30	0.21	0.12	0.03	0.79
Bensin	Euro-3	Tettsted (>100 000 innb.)	0.10	0.27	0.33	1.48	0.12	0.03	2.33
Bensin	Euro-4	Spredd bebyggelse	0.08	0.00	0.04	0.00	0.12	0.03	0.27
Bensin	Euro-4	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.09	0.03	0.30	0.21	0.12	0.03	0.78
Bensin	Euro-4	Tettsted (>100 000 innb.)	0.09	0.27	0.33	1.48	0.12	0.03	2.31
Bensin	Euro-5	Spredd bebyggelse	0.07	0.00	0.04	0.00	0.12	0.03	0.26
Bensin	Euro-5	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.08	0.03	0.30	0.21	0.12	0.03	0.77
Bensin	Euro-5	Tettsted (>100 000 innb.)	0.08	0.25	0.33	1.48	0.12	0.03	2.29
Bensin	Euro-6	Spredd bebyggelse	0.07	0.00	0.04	0.00	0.12	0.03	0.26
Bensin	Euro-6	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.08	0.03	0.30	0.21	0.12	0.03	0.76
Bensin	Euro-6	Tettsted (>100 000 innb.)	0.08	0.25	0.33	1.48	0.12	0.03	2.29

Tabell V6.3: Varebiler, MC og buss etter Euroklasse (kun bensin og diesel), kr per km for ulike skadekostnader, døgnet sett under ett.

Kjøretøy	Fuel	Euroklasse	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
Varebiler	Diesel	Euro-0	Spredd bebyggelse	0.11	0.04	0.04	0.00	0.05	0.03	0.27
Varebiler	Diesel	Euro-0	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.11	0.26	0.30	0.21	0.05	0.03	0.96
Varebiler	Diesel	Euro-0	Tettsted (>100 000 innb.)	0.11	1.80	0.33	1.48	0.05	0.03	3.80
Varebiler	Diesel	Euro-1	Spredd bebyggelse	0.11	0.03	0.04	0.00	0.05	0.03	0.26
Varebiler	Diesel	Euro-1	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.11	0.19	0.30	0.21	0.05	0.03	0.88
Varebiler	Diesel	Euro-1	Tettsted (>100 000 innb.)	0.11	1.23	0.33	1.48	0.05	0.03	3.23
Varebiler	Diesel	Euro-2	Spredd bebyggelse	0.11	0.03	0.04	0.00	0.05	0.03	0.25
Varebiler	Diesel	Euro-2	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.11	0.15	0.30	0.21	0.05	0.03	0.85
Varebiler	Diesel	Euro-2	Tettsted (>100 000 innb.)	0.11	0.98	0.33	1.48	0.05	0.03	2.97
Varebiler	Diesel	Euro-3	Spredd bebyggelse	0.09	0.02	0.04	0.00	0.05	0.03	0.23
Varebiler	Diesel	Euro-3	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.10	0.12	0.30	0.21	0.05	0.03	0.80
Varebiler	Diesel	Euro-3	Tettsted (>100 000 innb.)	0.10	0.74	0.33	1.48	0.05	0.03	2.72
Varebiler	Diesel	Euro-4	Spredd bebyggelse	0.10	0.02	0.04	0.00	0.05	0.03	0.23
Varebiler	Diesel	Euro-4	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.10	0.09	0.30	0.21	0.05	0.03	0.78
Varebiler	Diesel	Euro-4	Tettsted (>100 000 innb.)	0.10	0.59	0.33	1.48	0.05	0.03	2.58
Varebiler	Diesel	Euro-5	Spredd bebyggelse	0.09	0.01	0.04	0.00	0.05	0.03	0.22
Varebiler	Diesel	Euro-5	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.09	0.08	0.30	0.21	0.05	0.03	0.76
Varebiler	Diesel	Euro-5	Tettsted (>100 000 innb.)	0.09	0.48	0.33	1.48	0.05	0.03	2.46
Varebiler	Diesel	Euro-6	Spredd bebyggelse	0.09	0.01	0.04	0.00	0.05	0.03	0.21
Varebiler	Diesel	Euro-6	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.09	0.05	0.30	0.21	0.05	0.03	0.73
Varebiler	Diesel	Euro-6	Tettsted (>100 000 innb.)	0.09	0.34	0.33	1.48	0.05	0.03	2.32
Varebiler	Bensin	Euro-0	Spredd bebyggelse	0.09	0.04	0.04	0.00	0.05	0.03	0.25
Varebiler	Bensin	Euro-0	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.10	0.17	0.30	0.21	0.05	0.03	0.86
Varebiler	Bensin	Euro-0	Tettsted (>100 000 innb.)	0.10	0.92	0.33	1.48	0.05	0.03	2.92
Varebiler	Bensin	Euro-1	Spredd bebyggelse	0.09	0.02	0.04	0.00	0.05	0.03	0.23
Varebiler	Bensin	Euro-1	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.10	0.14	0.30	0.21	0.05	0.03	0.83
Varebiler	Bensin	Euro-1	Tettsted (>100 000 innb.)	0.10	0.78	0.33	1.48	0.05	0.03	2.76

Kjøretøy	Fuel	Euroklasse	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
Varebiler	Bensin	Euro-2	Spredd bebyggelse	0.08	0.01	0.04	0.00	0.05	0.03	0.21
Varebiler	Bensin	Euro-2	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.09	0.07	0.30	0.21	0.05	0.03	0.74
Varebiler	Bensin	Euro-2	Tettsted (>100 000 innb.)	0.09	0.44	0.33	1.48	0.05	0.03	2.42
Varebiler	Bensin	Euro-3	Spredd bebyggelse	0.08	0.00	0.04	0.00	0.05	0.03	0.20
Varebiler	Bensin	Euro-3	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.09	0.04	0.30	0.21	0.05	0.03	0.71
Varebiler	Bensin	Euro-3	Tettsted (>100 000 innb.)	0.09	0.30	0.33	1.48	0.05	0.03	2.27
Varebiler	Bensin	Euro-4	Spredd bebyggelse	0.09	0.00	0.04	0.00	0.05	0.03	0.21
Varebiler	Bensin	Euro-4	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.10	0.03	0.30	0.21	0.05	0.03	0.72
Varebiler	Bensin	Euro-4	Tettsted (>100 000 innb.)	0.10	0.29	0.33	1.48	0.05	0.03	2.27
Varebiler	Bensin	Euro-5	Spredd bebyggelse	0.08	0.00	0.04	0.00	0.05	0.03	0.20
Varebiler	Bensin	Euro-5	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.09	0.03	0.30	0.21	0.05	0.03	0.71
Varebiler	Bensin	Euro-5	Tettsted (>100 000 innb.)	0.09	0.27	0.33	1.48	0.05	0.03	2.25
Varebiler	Bensin	Euro-6	Spredd bebyggelse	0.08	0.00	0.04	0.00	0.05	0.03	0.20
Varebiler	Bensin	Euro-6	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.09	0.03	0.30	0.21	0.05	0.03	0.70
Varebiler	Bensin	Euro-6	Tettsted (>100 000 innb.)	0.09	0.27	0.33	1.48	0.05	0.03	2.24
MC	Bensin	Euro-0	Spredd bebyggelse	0.05	0.01	0.04	0.00	0.43	0.00	0.53
MC	Bensin	Euro-0	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.05	0.02	0.30	0.21	0.43	0.00	1.01
MC	Bensin	Euro-0	Tettsted (>100 000 innb.)	0.05	0.11	0.33	1.48	0.43	0.00	2.40
MC	Bensin	Euro-1	Spredd bebyggelse	0.05	0.01	0.51	2.04	0.43	0.00	3.04
MC	Bensin	Euro-1	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.06	0.02	0.66	2.78	0.43	0.00	3.94
MC	Bensin	Euro-1	Tettsted (>100 000 innb.)	0.06	0.11	0.80	3.52	0.43	0.00	4.92
MC	Bensin	Euro-2	Spredd bebyggelse	0.05	0.01	0.95	4.27	0.43	0.00	5.69
MC	Bensin	Euro-2	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.05	0.02	1.09	5.01	0.43	0.00	6.60
MC	Bensin	Euro-2	Tettsted (>100 000 innb.)	0.05	0.10	1.24	5.75	0.43	0.00	7.56
MC	Bensin	Euro-3	Spredd bebyggelse	0.05	0.00	1.38	6.49	0.43	0.00	8.35
MC	Bensin	Euro-3	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.06	0.01	1.53	7.23	0.43	0.00	9.25
MC	Bensin	Euro-3	Tettsted (>100 000 innb.)	0.06	0.06	1.67	7.97	0.43	0.00	10.19
Turbuss	Diesel	Euro-0	Spredd bebyggelse	0.37	0.22	0.24	0.00	0.36	0.03	1.21
Turbuss	Diesel	Euro-0	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.44	1.25	1.63	0.21	0.36	0.03	3.92
Turbuss	Diesel	Euro-0	Tettsted (>100 000 innb.)	0.44	7.14	2.39	1.48	0.36	0.03	11.84
Turbuss	Diesel	Euro-I	Spredd bebyggelse	0.37	0.18	0.24	0.00	0.36	0.03	1.17
Turbuss	Diesel	Euro-I	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.43	1.07	1.63	0.21	0.36	0.03	3.73
Turbuss	Diesel	Euro-I	Tettsted (>100 000 innb.)	0.43	6.23	2.39	1.48	0.36	0.03	10.92
Turbuss	Diesel	Euro-II	Spredd bebyggelse	0.38	0.19	0.24	0.00	0.36	0.03	1.20
Turbuss	Diesel	Euro-II	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.44	1.12	1.63	0.21	0.36	0.03	3.79
Turbuss	Diesel	Euro-II	Tettsted (>100 000 innb.)	0.44	6.16	2.39	1.48	0.36	0.03	10.86
Turbuss	Diesel	Euro-III	Spredd bebyggelse	0.39	0.15	0.24	0.00	0.36	0.03	1.17
Turbuss	Diesel	Euro-III	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.46	0.97	1.63	0.21	0.36	0.03	3.66
Turbuss	Diesel	Euro-III	Tettsted (>100 000 innb.)	0.46	5.51	2.39	1.48	0.36	0.03	10.23
Turbuss	Diesel	Euro-IV	Spredd bebyggelse	0.38	0.10	0.24	0.00	0.36	0.03	1.10
Turbuss	Diesel	Euro-IV	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.44	0.77	1.63	0.21	0.36	0.03	3.44

Kjøretøy	Fuel	Euroklasse	Områdetype	CO ₂	Lokale utslipp	Støy	Kø	Ulykker	Slitasje	SUM
Turbuss	Diesel	Euro-IV	Tettsted (>100 000 innb.)	0.44	4.38	2.39	1.48	0.36	0.03	9.08
Turbuss	Diesel	Euro-V	Spredt bebyggelse	0.40	0.07	0.24	0.00	0.36	0.03	1.10
Turbuss	Diesel	Euro-V	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.47	0.67	1.63	0.21	0.36	0.03	3.36
Turbuss	Diesel	Euro-V	Tettsted (>100 000 innb.)	0.47	3.91	2.39	1.48	0.36	0.03	8.64
Turbuss	Diesel	Euro-VI	Spredt bebyggelse	0.41	0.01	0.24	0.00	0.36	0.03	1.05
Turbuss	Diesel	Euro-VI	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.48	0.23	1.63	0.21	0.36	0.03	2.94
Turbuss	Diesel	Euro-VI	Tettsted (>100 000 innb.)	0.48	1.88	2.39	1.48	0.36	0.03	6.62
Bybuss	Diesel	Euro-0	Spredt bebyggelse	0.44	0.25	1.63	0.21	0.36	0.03	2.91
Bybuss	Diesel	Euro-0	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.44	1.32	2.39	1.48	0.36	0.03	6.02
Bybuss	Diesel	Euro-I	Tettsted (>100 000 innb.)	0.35	5.22	1.63	0.21	0.36	0.03	7.80
Bybuss	Diesel	Euro-I	Spredt bebyggelse	0.35	0.16	2.39	1.48	0.36	0.03	4.77
Bybuss	Diesel	Euro-II	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.37	0.94	1.63	0.21	0.36	0.03	3.54
Bybuss	Diesel	Euro-II	Tettsted (>100 000 innb.)	0.37	5.30	2.39	1.48	0.36	0.03	9.93
Bybuss	Diesel	Euro-III	Spredt bebyggelse	0.42	0.18	1.63	0.21	0.36	0.03	2.82
Bybuss	Diesel	Euro-III	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.42	0.90	2.39	1.48	0.36	0.03	5.57
Bybuss	Diesel	Euro-IV	Tettsted (>100 000 innb.)	0.43	3.98	1.63	0.21	0.36	0.03	6.64
Bybuss	Diesel	Euro-IV	Spredt bebyggelse	0.43	0.13	2.39	1.48	0.36	0.03	4.82
Bybuss	Diesel	Euro-V	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.45	0.58	1.63	0.21	0.36	0.03	3.25
Bybuss	Diesel	Euro-V	Tettsted (>100 000 innb.)	0.45	3.48	2.39	1.48	0.36	0.03	8.19
Bybuss	Diesel	Euro-VI	Spredt bebyggelse	0.43	0.01	1.63	0.21	0.36	0.03	2.67
Bybuss	Diesel	Euro-VI	Tettsted (15 000 - 100 000 innb.)	0.43	0.21	2.39	1.48	0.36	0.03	4.90

DEL 9

TILLEGGSBEREGNINGER FOR LUFTFART

Sammendrag

Som en oppfølging til beregningen av marginale skadekostnader for veg, jernbane og sjø har NTP/samferdselsetatene bedt TØI om å gjøre tilsvarende beregning for luftfart.

Luftfart omfatter flygninger med både fly (med fast vinge) og helikopter og omfatter både passasjertransport og flyfrakt. På bakgrunn av budsjettammen avgrenses dette oppdraget til å gjelde passasjertrafikk med fly (med fast vinge). Oppdraget avgrenses videre til å gjelde marginalkostnader knyttet til utslipp til luft og til støy siden det forekommer svært få ulykker i regulær norsk luftfart samtidig som infrastrukturkostnadene knyttet til luftfart regnes som internalisert på grunn av kostnadsbaserte brukeravgifter.

Det vil så langt som mulig benyttes samme metodikk som for veg, sjø og bane.

25 Resultater

Vi oppsummerer kort våre hovedresultater. For detaljer om utredningene henvises det til de følgende delkapitlene om utslipp til luft og støy forbundet med luftfart.

25.1 Utslipp til luft

Etter at luftfart ble innlemmet i kvotehandelssystemet i EU (ETS) er det nærliggende å regne med at hvert tonn CO₂ sluppet ut fra fly innenfor ETS må møtes av utslippskutt et annet sted i systemet for at det totale kvotetaket skal bli overholdt. I prinsippet skal dette utslippskuttet et annet sted i ETS triggeres av at kvoteprisen øker marginalt. Så lenge vi antar at det er null karbonlekkasje fra ETS, kan vi anta at *netto* utslipp fra flyvning i ETS-området på marginen vil være null. Samtidig vil utslipp i stor høyde medføre andre klimaeffekter, og det legges derfor til grunn en multiplikator i forhold til CO₂-utslippet i stor høyde. Med disse forbeholdene, blir utslippskostnader for CO₂ som i Tabell 25.1.

Tabell 25.1: Netto utslippskostnader for klimagassutslipp i 2019 (inkluderer oppjusteringer ved flyreiser over 8000 meters høyde og utslipp utenfor EU ETS). 2019-kr.

	Per pass.	Per pass.km	Totalt (mill kr)	Total/pass	Total/pass.km
Turboprop innland	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Jetfly innland	0.00	0.03	195	14.82	0.03
Sum innland	0.00	0.03	195	11.93	0.03
Fly til EØS/EU	0.00	0.03	373	34.75	0.03
Smale fly til andre land	14.20	0.07	62	173.38	0.07
Vide fly til andre land	6.90	0.06	231	388.54	0.06
Sum andre land	9.65	0.06	293	307.48	0.06
Sum utland	0.79	0.03	665	56.99	0.04
Totalt	0.33	0.03	860	30.73	0.03

Marginale kostnader forbundet ved andre utslipp som er kostnadsberegnet er gjengitt i Tabell 25.2 og Tabell 25.3.

Tabell 25.2: Utslippskostnader fra NO_x-utslipp fra fly. 2019-kr.

	Per pass.	Per pass.km	Totalt (mill kr)	Total/pass	Total/pass.km
Turboprop innland	2.45	0.023	27	8.34	0.032
Jetfly innland	3.45	0.006	83	6.36	0.013
Sum innland	3.25	0.008	110	6.74	0.015
Fly til EØS/EU	4.03	0.005	116	10.85	0.008
Smale fly til andre land	5.07	0.006	7	18.94	0.008
Vide fly til andre land	6.23	0.011	48	80.14	0.012
Sum andre land	5.79	0.010	54	57.09	0.012
Sum utland	4.18	0.006	171	14.62	0.009
Totalt	3.64	0.007	281	10.03	0.011

Tabell 25.3: Utslippskostnader fra PM₁₀-utslipp fra fly. 2019-kr.

	Per pass.	Per pass.km	Totalt (mill kr)	Total/pass	Total/pass.km
Turboprop innland	0.01	0.0001	0.1	0.04	0.0002
Jetfly innland	0.02	0.0001	1.0	0.07	0.0001
Sum innland	0.02	0.0001	1.1	0.07	0.0001
Fly til EØS/EU	0.01	0.0001	1.6	0.15	0.0001
Smale fly til andre land	0.02	0.0001	0.1	0.30	0.0001
Vide fly til andre land	0.01	0.0001	0.4	0.68	0.0001
Sum andre land	0.01	0.0001	0.5	0.53	0.0001
Sum utland	0.01	0.0001	2.1	0.18	0.0001
Totalt	0.02	0.0001	3.2	0.12	0.0001

25.2 Støy

I tillegg til kostnader ved utslipp til luft beregnes kostnader ved avgang og landing for boliger som er lokalisert i tilknytning til en flyplass. Beregningene er gjort basert på støykartlegginger for de 5 største flyplassene i Norge, og støy per bolig i alternativscenarier hvor trafikken øker marginalt er beregnet av Avinor.

Tabell 25.4: Marginale støykostnader (MC) for en ekstra flyavgang. 2019-kroner.

Tid på døgnet	Flytype	MC/avgang	MC/km	MC/paxkm
Dagtid	Jetfly	2.978	0.199	0.002
Dagtid	Turboprop	0.550	0.037	0.001
Natt	Jetfly	26.446	1.763	0.014
Natt	Turboprop	1.006	0.067	0.002

Dersom vi sammenlikner resultatene for fly i Tabell 4 med marginale støykostnader for andre transportmidler (normalisert til kostnader per kilometer), framstår en ekstra flykilometer å være forbundet med langt lavere støykostnader enn både en ekstra kilometer vei- og banetransport. Vi er bekymret for at dette skyldes formatet støykartleggingene til Avinor er på, spesielt ved at støyverdier avrundes til 2 desimaler slik at en liten endring i støy ved boligen blir avrundet til 0. Vi anbefaler derfor en gjennomgang og ytterligere kvalitetssikring av tallene i eventuelle videre arbeider med marginale støykostnader for fly.

26 Beregning av utslipp til luft fra luftfart som grunnlag for beregning av eksterne marginale kostnader for luftfart

26.1 Utslipp

Utslipp til luft er det naturlig å dele mellom utslipp med klimaeffekt og utslipp med helseeffekter.

Den viktigste klimagassen er CO₂. CO₂-utslipp har samme effekt uavhengig av hvor og i hvilken høyde utslippet finner sted.

26.1.1 CO₂-utslipp

Etter at luftfart ble innlemmet i kvotehandelssystemet i EU (ETS) er det nærliggende å regne med at hvert tonn CO₂ sluppet ut fra fly innenfor ETS må møtes av utslippskutt et annet sted i systemet for at det totale kvotetaket skal bli overholdt. I prinsippet skal dette utslippskuttet et annet sted i ETS trigges av at kvoteprisen øker marginalt. Så lenge vi antar at det er null karbonlekkasje fra ETS, kan vi anta at *netto* utslipp fra flyvning i ETS-området på marginen vil være null. Denne antagelsen er også gjort i Samkost 2.

Det kan også forventes strammere utslippsregulering av øvrig luftfart i framtiden, i tillegg til EU-ETS. På verdensbasis er ICAO i gang med å implementere «Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA)»⁵². Det forventes implementert fra 2021 og ligger an til å internalisere deler av kostnadene knyttet til deler av CO₂-utslippene fra internasjonal luftfart.

For å få sammenlignbare beregninger er det i vårt prosjekt beregnet CO₂-kostnadene basert på samme verdsetting av CO₂ som for øvrige transportmidler. Graden av internalisering knyttet til kvotesystem og avgifter er av hensyn til budsjettammen ikke vurdert nærmere. Det gjøres heller ingen framskriving av utslipp til luft fra fly.

26.1.2 Øvrige klimaeffekter

Ifølge Cicero⁵³ medfører luftfart i tillegg:

- Utslipp av vanndamp – oppvarmende effekter
- Utslipp av NO_x som gir endringer i ozon og metan – en netto oppvarming
- Dannelse av kondensstriper og utvikling av disse til cirruskyer – en netto oppvarming
- Utslipp av forløpere til sulfat- og nitratpartikler – avkjølede effekter

⁵² <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/default.aspx>

⁵³ <https://pub.cicero.oslo.no/cicero-xmlui/bitstream/handle/11250/2417163/MTL%20Report%2005%20final%2025%2010%20web.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

- Utslipp av sotpartikler – en oppvarmende effekt
- Indirekte effekt av partikler på cirruskyer – potensielt en betydelig klimaeffekt, men både størrelse og fortegn (dvs. hvorvidt effekten er oppvarmende eller avkjølede) er svært usikker

Den samlede effekten av alt dette er svært kompleks og avhenger blant annet av tidsperspektiv (diskonteringsrente) og værforhold. Som en forenkling legges det derfor ofte til grunn en multiplikator i forhold til CO₂-utslippet i stor høyde, som i Cicero-rapporten foreslås tallfestet til en verdi 1,8 og i hvert fall antas å ligge innenfor et intervall fra 0,8 til 2,5.

I Samkost 2 er beregningene av klimaeffekter for svensk luftfart avstemt slik at de gir en gjennomsnittlig klimaeffekt på 1,7 ganger effekten av CO₂-utslipp fra flyene. For å få 1,7 som gjennomsnitt for svensk luftfart er den delen av flyturen som foregår i stor høyde, dvs. over 8000 m, tillagt en faktor på 2,02 i forhold til effekten av CO₂-utslipp.

26.1.3 Øvrige utslipp

Luftfart medfører også utslipp til luft av klimagassene metan og lystgass. Basert på SSB-tabell 08940 har utslipp av disse klimagassene fra luftfart en klimaeffekt som tilsvarer 1-1,5 prosent av CO₂-utslippene. Dette er et såpass marginalt tillegg i forhold til usikkerheten i beregningene at vi ser bort fra dette her.

I SSB-tabell 08941 er det også spesifisert utslipp til luft av

- Svoveldioksid (SO₂)
- Flyktige organiske forbindelser (NMVOC)
- Karbonmonoksid (CO)
- Nitrogenoksid (NO_x)

Samlet sett vurderer Folkehelseinstituttet⁵⁴ at nivåene av NO₂ og partikler ved OSL er så lave at de antagelig har liten betydning for befolkningens helse i nærområdet. Basert på dette legger vi til grunn at heller ikke andre utslipp fra luftfart har lokal betydning ved OSL og at utslippene dermed heller ikke har betydning rundt andre (og vesentlig mindre) norske lufthavner.

I EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook er det i tillegg tilgjengelige beregninger for blant annet partikler (PM).

Av disse utslippene er det bare NO_x og partikler som har en beregnet kostnad utenfor tettbygd.. Disse kostnadene kommer vi tilbake til.

26.1.4 Kvantifisering av utslipp

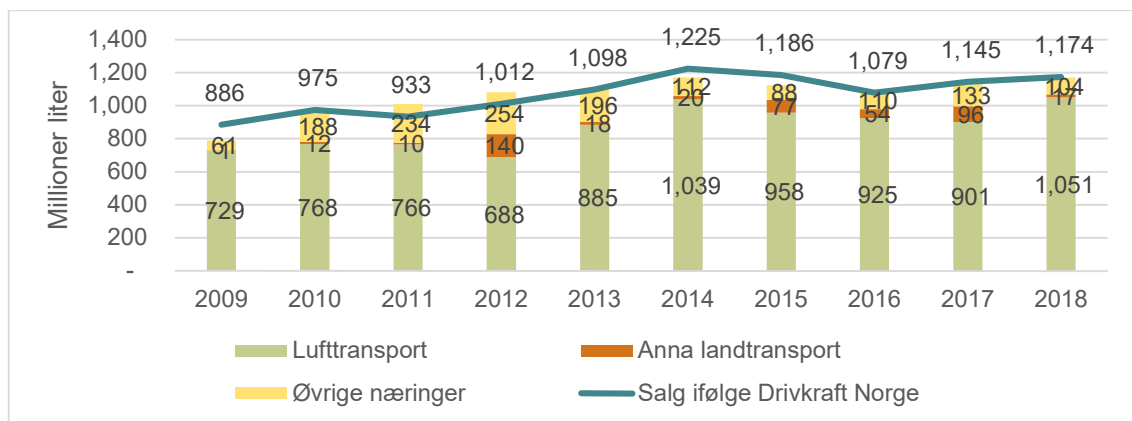
Drivstoffsalg og utslipp basert på statistikk fra SSB

De totale utslippene beregnes i utgangspunktet på grunnlag av siste tilgjengelige statistikk for utslipp/drivstofforbruk fra SSB. Det seneste året SSB foreløpig har publisert fullstendig statistikk for er 2017.

⁵⁴ <https://www.fhi.no/publ/2017/flystoy-og-luftforurensning-ved-flyplasser/>

For 2017 oppgir SSB et salg av jetparafin på 1 130 millioner liter hvorav 900 millioner liter ble solgt til luftfartsformål. Drivkraft Norge⁵⁵ oppgir til sammenligning et totalt salg på 1 145 millioner liter

Salget av jetparafin til luftfart har ifølge SSB variert sterkt fra år til år, se figur 26.1. Spesielt var det stor endring fra 2017 til 2018. Mye av variasjonen skyldes salg til «Anna landtransport, inkl. post og distribusjon, lagring og andre tenester knytt til transport» som ble redusert med 82 prosent fra 2017 til 2018. Men også salget til andre næringer varierer såpass mye at statistikken må vurderes som usikker. For vårt formål konkluderer vi med at salget av jetparafin til luftfart i 2017 antagelig var 900 millioner liter med en usikkerhetsmargin på 10-15 prosent oppover.



Figur 26.1: Salg av jetparafin 2009-2018. Kilde: SSB, tabell 11185 og Drivkraft Norge.

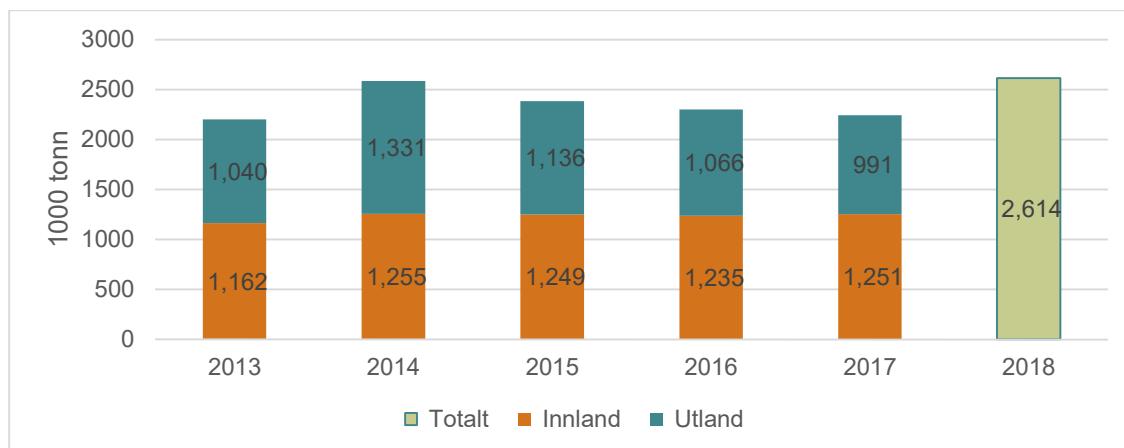
Omregnet til tonn (0,79 tonn=1000 liter) utgjør salget av jetparafin til luftfart i 2017 711 669 tonn drivstoff som (med 3,15 kg CO₂/kg drivstoff medfører utslipp av 2 241 758 tonn CO₂. Øvrige utslipp med klimaeffekt er metan og lystgass. Disse har som nevnt ifølge SSB en samlet klimaeffekt på ca. 1,5 % av utslippet av CO₂.

Av CO₂-utslippene oppgir SSB i tabell 08940 at 1 251 000 tonn CO₂ er utslipp fra innenriks luftfart. Ifølge Avinor skyldes knapt 10 prosent av utslippene i perioden 2010-2015 helikoptertrafikk. Legges dette til grunn også for 2017 utgjorde utslippene fra innenlands luftfart med fly (med fast vinge) 1 125 900 tonn CO₂ i 2017. Ved å skjønsmessig trekke fra 2 prosent for luftfart utenom rute og charter blir totalt anslått utslipp fra rute og chartertrafikk 1,1 million tonn CO₂.

Fratrukket salg til innenlandsk luftfart utgjorde CO₂-utslipp tilknyttet øvrig salg av drivstoff til luftfart, i praksis til fly med destinasjon i utlandet, 991 000 tonn CO₂.

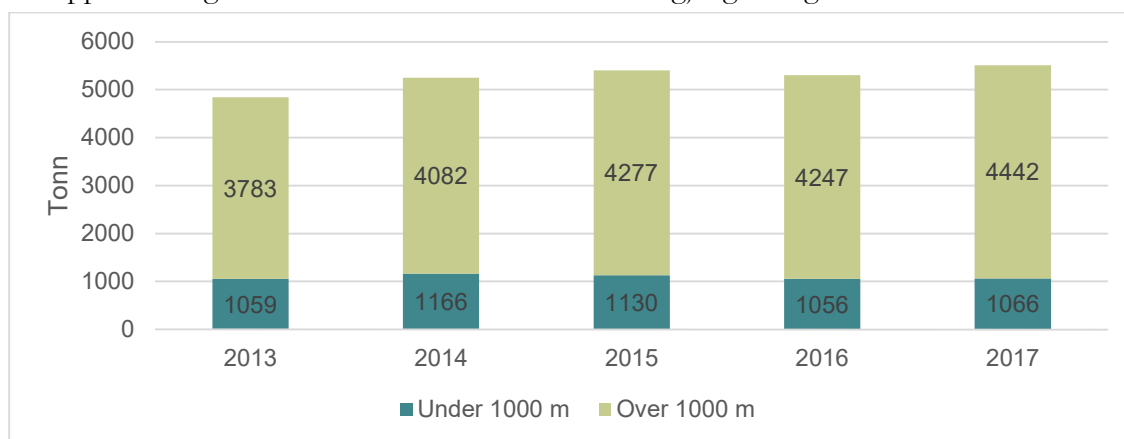
Differansen mellom utslipp fra totalt salg til luftfart og utslipp fra innenlandsk luftfart har variert sterkt. Det samme gjelder totale utslipp fra luftfart beregnet ut fra drivstoffsalg, som økte fra 2,24 millioner tonn CO₂ i 2017 til 2,61 millioner tonn CO₂ i 2018.

⁵⁵ <https://www.drivkraftnorge.no/Tall-og-fakta/salgsstatistikk/>



Figur 26.2: CO₂-utslipp fra luftfart 2013-2018. Kilde: SSB tabell 11185 og 08940.

Utslipp av nitrogenoksider fra innenlandsk luftfart er gjengitt i figur 26.3.



Figur 26.3: NO_x-utslipp fra innenlands luftfart. Kilde: SSB tabell 08941.

Flytrafikken i 2017

I 2017 registrerte Avinor 16,31 millioner enkeltreiser (summen av avreiste terminalpassasjerer samt transittpassasjerer på rute- og charterfly) innenlands. Det gikk 237 027 fly med totalt 24,24 millioner seter mens ruteprogrammet la opp til 237 000 fly og 24,12 millioner seter. Ruteprogrammet justert for å stemme med total statistikk er gjengitt i tabell 26.1.

Tabell 26.1: Innenlands flytrafikk 2017. Kilde: Beregninger basert på statistikk og ruteprogram.

Flytype	Flygninger	1000 seter	1000 pass	Gjennomsnittlig distanse i km
Jetfly	118 775	18 835	13 121	508
Turboprop	118 252	5 408	3 189	257
Sum innland	237 027	24 244	16 310	452

Tabell 26.2 bygger på tilsvarende anslag for utlandstrafikken basert på ruteprogram og tilgjengelig statistikk. Distansene er beregnet ut fra ruteprogram for rute og komplettert med detaljert statistikk for charter).

Tabell 26.2: Flygninger til utlandet 2017. Kilde: Beregninger basert på statistikk og ruteprogram.

Flytype	Område	Flygninger	1000 seter	1000 pass	Distanse i km
Alle	EØS/EU	90 135	13 899	10 725	1 320
Smale fly	Andre land	3 194	521	359	2 397
Vide fly	Andre land	2 446	754	593	6 514
Sum	Andre land	5 640	1 275	952	4 832
SUM	Utlandet	95 775	15 174	11 677	1 615

Utslippskoeffisienter basert på SAS utslippskalkulator

For å beregne utslipp innenfor den budsjettmessige rammen av prosjektet benytter vi som en forenkling SAS utslippskalkulator. Den beregner utslipp per passasjer basert på flytype, kabinfaktor og distanse. Beregningen i kalkulatoren består i praksis av et fastledd (per sete) og et distanseledd (per setekilometer) per flytype. Fastleddet tilsvarer omtrent utslipp knyttet til LTO (avgang og landing) som generelt foregår i høyder under 8000 meter. I SAMKOST 2 regnes dette som nedre grense for ekstra klimaeffekter. Utslipp fra jetfly knyttet til distanseleddet forutsetter vi her gjennomført i høyder over 8000 meter, som dermed medfører ekstra klimaeffekter, som er omtalt tidligere.

Tall fra utslippskalkulatoren samt omregning til utslipp per sete, setekilometer (ASK), passasjer (pax) og passasjerkilometer (RPK) for noen flytyper er oppgitt i tabell 26.3 og tabell 26.4.

Tabell 26.3: CO₂-utslipp for noen flytyper basert på SAS utslippskalkulator. Kg CO₂.

Flytype	Seter/fly	Per sete	per ASK	Forutsatt belegg	Per pax	Per RPK
WF Dash-8-100	39	14,5	0,077	60,6%	24,0	0,127
WF Dash-8-300	50	14,1	0,067	60,6%	23,2	0,111
WF Dash-8-400	78	13,8	0,069	60,6%	22,8	0,113
SK 737-600	120	24,5	0,062	71,6%	34,3	0,086
SK 737-700W	141	20,9	0,053	71,6%	29,2	0,074
SK 737-800W	181	17,6	0,047	71,6%	24,6	0,066
SK A330-300	264	12,2	0,058	80,6%	15,1	0,072
SK A340-300	245	14,5	0,068	80,6 %	18,0	0,085
UA 777-200ER	269	12,7	0,062	80,0 %	15,8	0,078

Tabell 26.4: NO_x-utslipp for noen flytyper basert på SAS utslippskalkulator. Kg NO_x.

Flytype	Seter/fly	Per sete	per ASK	Forutsatt belegg	Per pax	Per RPK
WF Dash-8-100	39	0,145	0,0007	60,6%	0,088	0,0004
WF Dash-8-300	50	0,137	0,0007	60,6%	0,083	0,0004
WF Dash-8-400	78	0,069	0,0010	60,6%	0,042	0,0006
SK 737-600	120	0,191	0,0003	71,6%	0,137	0,0002
SK 737-700W	141	0,177	0,0003	71,6%	0,127	0,0002
SK 737-800W	181	0,159	0,0003	71,6%	0,114	0,0002
SK A330-300	264	0,230	0,0002	80,6%	0,185	0,0002
UA 777-200ER	269	0,200	0,0008	80,0 %	0,160	0,0006

Gjennomsnittlig flystørrelse for turboprop ligger omtrent midt mellom WF Dash-8-100 og WF Dash- 8-300. På den bakgrunnen legges gjennomsnittet av disse flytypene til grunn for

utslipp fra turboprop. Tilsvarende er gjennomsnittlig flystørrelse for smale jetfly omtrent midt mellom SK 737-700W og SK 737-800W. For vide (wide) jetfly benytter vi tilsvarende gjennomsnitt for SK A330-300 og UA 777-200ER for beregning av NO_x.

For å beregne CO₂-utslipp fra vide jetfly tar vi utgangspunkt i gjennomsnittet for de to største SAS-flyene i tabell 26.3 (SK A330-300 og SK A340-300). Det gir 13,3 kg CO₂ per sete og 0,0063 kg CO₂ per setekm. For strekningen København – New York (CPH-EWR: 6199 km) tilsvarer det et utslipp på 504 kg CO₂ per passasjer, som tilsvarer beregningen for SAS for 2014 i http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_transatlantic-airline-ranking-2014.pdf

Interkontinentale ruter med vide fly fra Norge ble i 2017 ifølge Avinors database hovedsakelig betjent av 3 flytyper. Disse er nevnt under med omtrentlig andel av setetilbudet i parantes;

- Dreamliner (44 %)
- 777-300ER (30 %)
- A330-300 (22 %)

Alle disse flytypene har lavere forbruk per setekm enn gjennomsnittet av A330-300 og A340-300. I snitt regner vi med at forbruket per setekm var omtrent 20 prosent lavere på de interkontinentale rutene i 2017 sammenlignet med gjennomsnitt av A330-300 og A340-300 fra 2014. Tar vi hensyn til dette og gjennomsnittsbelegget på 78,7 prosent får vi et anslått interkontinentalt CO₂-utslipp for vide fly på 13,6 kg per passasjer og 0,064 kg per RPK i 2017.

Resultatene er gjengitt i tabell 26.5 og tabell 26.6.

Tabell 26.5: CO₂-utslipp for grupper av flyreiser basert på SAS utslippskalkulator og statistikk. Kg CO₂.

Flytype	Seter/fly	Per sete	per ASK	Belegg 2017	Per pax	Per RPK
Turboprop innland	46	14,3	0,072	59,0%	24,3	0,122
Jetfly innland	159	19,3	0,050	69,7%	27,6	0,072
Fly til EØS/EU	154	19,3	0,050	77,2%	24,9	0,065
Smale fly til andre land	163	19,3	0,050	68,9%	28,0	0,073
Vide fly til andre land	308	10,7	0,050	78,7%	13,6	0,064

Tabell 26.6: NO_x-utslipp for grupper av flyreiser basert på SAS utslippskalkulator og statistikk. Kg NO_x.

Flytype	Seter/fly	Per sete	per ASK	Belegg 2017	Per pax	Per RPK
Turboprop innland	46	0,052	0,0005	59,0%	0,088	0,0008
Jetfly innland	159	0,086	0,0001	69,7%	0,124	0,0002
Fly til EØS/EU	154	0,086	0,0001	77,2%	0,112	0,0002
Smale fly til andre land	163	0,086	0,0001	68,9%	0,125	0,0002
Vide fly til andre land	308	0,139	0,0003	78,7%	0,176	0,0004

Totale beregnede utslipp på grunnlag av statistikk og utslippskalkulator

Totale utslipp beregnes på grunnlag av tabell 26.1, tabell 26.2, tabell 26.5 og tabell 26.6 og er gjengitt i tabell 26.7 for CO₂.

Tabell 26.7: Beregnet CO₂-utslipp for grupper av flyreiser. 1000 tonn CO₂ i 2017.

	Fra antall passasjerer	Fra antall RPK	Sum
Turboprop innland	77	100	178
Jetfly innland	363	479*	841
Sum innland	440	579	1 019
Fly til EØS/EU	268	917*	1 185
Smale fly til andre land	10	62*	72
Vide fly til andre land	8	248*	256
Sum utland	286	1 227*	1 513
Totalt	726	1 806	2 532

*Utslipp i høyder over 8000 meter.

Utslipp av CO₂ innenlands er beregnet til 1,02 millioner tonn. Frakt i passasjerfly (10 000 tonn) tilsvarer omtrent 0,6 prosent av antatt vekt av passasjerene. Legger vi til 0,6 prosent for frakt om bord i passasjerfly blir samlet utslipp 1,025 millioner tonn, altså 6-7 prosent mindre enn anslaget på 1,1 millioner tonn CO₂ i avsnitt 2.4.1.

Utslipp av CO₂ fra fly med destinasjon i utlandet er beregnet til 1,51 millioner tonn. I tillegg kommer utslipp knyttet til frakt. Samlet fraktmengde på utenlandsfly i 2017 oppgis til 169 000 tonn. Det ligger utenfor rammen av dette prosjektet å gjøre noen detaljert beregning av utslipp fra flyfrakt, men gitt at halvparten av frakten er sendt frakt, distansen er som for passasjerer og 100 kg frakt tilsvarer 1 passasjer så kan frakt stå for utslipp som tilsvarer 7 prosent av utslipp fra passasjerene til utlandet.

Legger vi dette til grunn og legger til vårt anslåtte utslipp fra helikopter på 125 000 tonn blir samlet beregnet CO₂-utslipp i 2017 ca. 2,76 millioner tonn. Vår beregning gir da 0,5 millioner tonn CO₂ høyere utslipp i 2017 enn registrert drivstoffsalg til luftfart skulle tilsi. For å avstemme vår beregning til offisielt drivstoffsalg må vi redusere utslippskoeffisientene med 20 prosent.

Sammenlignes resultatene med 2018 blir forskjellen mindre. Med 3 prosent høyere setekapasitet i 2018 økte anslått CO₂-utslipp til 2,8- 2,85 millioner tonn CO₂ i 2018, mens drivstoffsalg tilsvarte 2,61 millioner tonn CO₂. For å avstemme beregningen mot offisielt drivstoffsalg i 2018 må vi antagelig redusere utslippskoeffisientene med rundt 8 prosent.

Siden offisiell statistikk for innlandstrafikken på den annen side tilsier oppjustering samtidig som det ifølge kilder hos Avinor forekommer at (utenlands)fly fra Norge benytter drivstoff tanket opp på foregående lufthavn i utlandet så justerer vi ikke våre utslippsberegninger ut fra offisiell salgsstatistikk.

Beregnete utslipp av NO_x er gjengitt i tabell 26.8.

Tabell 26.8: Beregnet NO_x-utslipp for grupper av flyreiser. Tonn NO_x i 2017.

	Fra passasjerer	Fra RPK	Sum
Turboprop innland	280	675	955
Jetfly innland	1 625	1 371	2 996
Sum innland	1 905	2 046	3 951
Fly til EØS/EU	1 554	2 627	4 181
Smale fly til andre land	65	179	244
Vide fly til andre land	133	1 576	1 708
Sum utland	1 752	4 381	6 133
Totalt	3 657	6 427	10 084

Her kan beregnet utslipp kun sammenlignes med offisiell statistikk for utslipp innenlands. Utslippene innenlands i tabell 8 var 3 950 tonn NO_x. For å kunne sammenligne med offisiell statistikk legger vi til et grovt anslag på 450 tonn NO_x for utslipp fra helikopter (10 % av totale utslipp innenlands som for CO₂-utslipp) og får 4 400 tonn NO_x. Offisielt utslipp var til sammenligning 5 500 tonn i 2017, altså 25 prosent høyere. I motsetning til offisielle CO₂-utslipp varierer offisielle NO_x-utslipp lite fra år til år, og vi oppjusterer derfor alle våre beregninger med 25 prosent.

Utslipp av partikler kan beregnes ved hjelp av en utslippskalkulator; 1.A.3.a Aviation – Annex 5 – Master emissions calculator 2016. De beregnede utslippene er relativt nært relatert til utslippene av CO₂. For de mest aktuelle jettflytypene i Norge ligger utslippet av PM på 0,0026 prosent av CO₂-utslippet i LTO-fasen og rundt 0,004 prosent av CO₂-utslippene i cruise-fasen. For turboprop foreligger det ikke tall for PM-utslipp, så vi legger til grunn samme forhold for PM/CO₂ som for jettfly.

Oppsummering

Resultatene er gjengitt i tabellene 26.9-26.11 forutsatt belegget som er oppgitt i tabell 26.5. Tabell 9 gjengir CO₂-utslipp i to ledd. Det første avhenger av antall reiser (per passasjer) mens det andre avhenger av reisens lengde (per RPK). Utslippene er så summert og de totale utslippene fordelt både på antall passasjerer og på antall RPK.

Tabell 26.9: Beregnet CO₂-utslipp for grupper av flyreiser 2017. Kg CO₂.

Gruppe	Per pass.	Per RPK	Totalt (1000 t)	Total/pass	Total/RPK
Turboprop innland	24,3	0,122	178	55,7	0,216
Jettfly innland	27,6	0,072	841	64,1	0,126
Sum innland	27,0	0,077	1019	62,5	0,136
Fly til EØS/EU	24,9	0,065	1185	110,5	0,084
Smale fly til andre land	28,0	0,073	72	202,0	0,084
Vide fly til andre land	13,6	0,064	256	430,9	0,066
Sum andre land	19,0	0,066	328	344,7	0,069
Sum utland	24,5	0,065	1513	129,6	0,080
Totalt	25,9	0,068	2532	90,5	0,096

Tabell 26.10 gjengir tilsvarende CO₂-utslipp når CO₂-utslipp over 8000 meters høyde er oppjustert med 80 prosent. Merk da at fastleddet per passasjer er uendret, siden dette fanger opp utslipp som skjer under 8000 meter.

I gjennomsnitt medfører hver påbegynt flyreise i 2017 klimaeffekter tilsvarende 13,6 – 27,6 kg CO₂ mens distansen gir et tillegg på 0,115 – 0,131 kg CO₂/km hvis en legger til grunn en multiplikator i forhold til CO₂-utslipp over 8000 m på 1,8. Som kommentert tidligere er dette en forenkling siden den faktiske effekten er svært kompleks.

For en gjennomsnittlig innlandsreise er beregnet samlet klimaeffekt ut fra dette 145 prosent (90,9/62,5) av effekten av CO₂-utslippene fra flyreisen.

For en gjennomsnittlig utenlandsreise er samlet klimaeffekt 165 prosent av effekten av CO₂-komponenten.

Tabell 26.10: Beregnet CO₂-utslipp for grupper av flyreiser 2017 når utslipp oppjusteres med 80 % for utslipp over 8000 m. Kg CO₂.

Gruppe	Per pass.	Per RPK	Totalt (1000 t)	Total/pass	Total/RPK
Turboprop innland	24,3	0,122	178	55,7	0,216
Jetfly innland	27,6	0,129	1224	93,3	0,184
Sum innland	27,0	0,128	1402	90,9	0,187
Fly til EØS/EU	24,9	0,117	1918	178,9	0,136
Smale fly til andre land	28,0	0,131	122	341,3	0,142
Vide fly til andre land	13,6	0,115	454	764,8	0,117
Sum andre land	19,0	0,118	576	605,3	0,122
Sum utland	24,5	0,117	2495	213,6	0,132
Totalt	25,9	0,120	3896	142,1	0,151

Tabell 26.11 gjengir tilsvarende NO_x-utslipp. I gjennomsnitt medfører hver flyreise i 2017 utslipp av 188 g NO_x pluss 0,29 g NO_x/km.

Tabell 26.11: Beregnet NO_x-utslipp for grupper av flyreiser oppjustert 25 %, g NO_x.

Gruppe	Per pass.	Per RPK	Totalt (tonn)	Total/pass	Total/RPK
Turboprop innland	110	1,028	1194	374	1,455
Jetfly innland	155	0,257	3745	285	0,562
Sum innland	146	0,341	4939	303	0,659
Fly til EØS/EU	181	0,232	5226	487	0,369
Smale fly til andre land	227	0,260	305	851	0,355
Vide fly til andre land	280	0,509	2135	3599	0,552
Sum andre land	260	0,464	2441	2563	0,516
Sum utland	188	0,290	7666	657	0,406
Totalt	163	0,305	12605	450	0,478

Tabell 26.12 gjengir tilsvarende PM-utslipp.

Tabell 26.12: Beregnet PM-utslipp for grupper av flyreiser. Gram PM.

	Per pass.	Per RPK	Totalt (tonn)
Turboprop innland	0,63	0,0049	6
Jetfly innland	0,72	0,0052	44
Sum innland	0,70	0,0051	50
Fly til EØS/EU	0,65	0,0047	73
Smale fly til andre land	0,73	0,0052	5
Vide fly til andre land	0,35	0,0046	18
Sum andre land	0,49	0,0047	23
Sum utland	0,64	0,0047	96
Totalt	0,67	0,0048	146

26.2 Utslippskostnader

I forrige delkapittel gjennomgikk vi beregningene for utslippsvolum per relevante transportenhet i flysektoren, dvs. kg med utslipp av CO₂ og NO_x per passasjerkm og per passasjer for landing og letting (landing and take-off – LTO). De neste skrittene i effekt-kjedetilnærmingen er Spredning, Belastning på miljø- og mennesker og Verdsetting av endringer i responsene. Prinsippene for disse stegene er beskrevet i del 2 i hovedrapporten – «Utslipp til luft». I beregning av utslippskostnader for fly trenger vi å gjøre antagelser for spredning og eksponering, så følger det kostnader per enhet utslipp som bygger på gjennomgangen av belastning på miljø og mennesker, og verdsettingen av denne belastningen, gjort i del 2.

Siden klimagassutslipp er en uniform utslippsform, trenger vi ikke ta hensyn til spredning siden en CO₂-ekvivalent har samme effekt på klimaendringer uavhengig av hvor i verden det slippes ut. CO₂-ekvivalenter beregnes ut fra sin GWP – Global Warming Potential.

Verdien av utslipp av NO_x er stedsavhengig, da skaden av et gitt utslipp er avhengig av hvilket bidrag det har til utslippskonsentrasjoner for et gitt antall mennesker. Med bakgrunn i Folkehelseinstituttets analyse (Krog mfl. 2017) og vurderinger gjort i delkapittel 2.3, legger vi til grunn at alle relevante NO_x-utslipp fra fly kan verdsettes som om de rammer utenfor norske byer hvor bidraget til NO_x-konsentrasjon fremkaller vesentlige helseulemper. Med vesentlige helseulemper mener vi at utslippet har helseeffekter med en verdsetting høyere enn tiltakskostnaden for å overholde Göteborg-protokollen. Dette er nærmere forklart i del 2 av hovedrapporten. Denne tolkningen innebærer at tiltakskostnaden er norske myndigheters implisitte nedre grense for verdsetting av å redusere NO_x-utslipp. Denne kostnaden, vurdert til å være 22.27 kr per kg NO_x i 2019 (iht. NO_x-avgiften), legges til grunn for alle NO_x-utslipp fra fly.

Vi anvender samme prinsipp for kalkulasjonspris for PM₁₀ som for NO_x, med utgangspunkt i kalkulasjonsprisen for NO_x. I hovedrapportens del 2 forklarer vi at vi ikke har kunnet beregne en nasjonal tiltakskostnad for PM₁₀ som gjør at Norge overholder Göteborgprotokollens mål for PM_{2,5}, men at vi setter et konservativt anslag med en identisk kalkulasjonspris per kilo som for NO_x. Dermed har PM₁₀ en kalkulasjonspris på 22.27 kr per kg i 2019.

Dette er et valg som sikrer konsistens med enhetsprisene brukt for de øvrige transportformene. Det eksisterer noe litteratur som beregner skadekostnader fra luftfart (van Essen et al., 2019; Yim et al., 2015), hvor skadekostnadene gjerne varierer over ulike regioner av verden (f.eks. Europa, Nord-Amerika, Asia osv.). Det at resultatene fra denne litteraturen er beheftet med svært stor usikkerhet (Österström, 2016), samt at det introduserer inkonsistens med de øvrige enhetsprisene gjør at vi forholder oss til norske tiltakskostnader som utgangspunkt.

26.2.1 Utslippskostnader fra klimagassutslipp

Ettersom CO₂-utslippene fra store deler av norsk luftfart er omfattet av EUs kvotemarked (EU ETS), mener vi det er nyttig å skille mellom brutto utslippskostnader og netto utslippskostnader. Brutto utslippskostnader er den direkte verdsettingen av alle klimagassutslippene fra norsk luftfart med anbefalte kalkulasjonspriser for klimagassutslipp. Netto utslippskostnader er kostnadene av netto utslipp som følge av norsk luftfart. Differansen mellom brutto og netto utslipp vil avhenge om hvorvidt flyvningen foregår innenfor EU-ETS-området og utslippene er kvotebelagt, og hvilke forutsetninger man gjør om hvorvidt kvotetaket er bindende.

Hvis vi antar at Europas kvotetak er bindende, så vil CO₂ utslippene fra denne luftfarten bli motsvart av reduksjoner andre steder. Selv om det da er positive brutto utslipp av CO₂-utslipp, vil netto utslipp være lik null, dersom man ser bort ifra karbonlekkasje. Men det må påpekes at siden 2009 har det opparbeidet seg et overskudd av ubrukte kvoter. Som følge av dette har EU justert kvotemarkedsbetingelsene ved å holde tilbake en del kvoter som var planlagt auksjonert bort, og innført en markedsstabiliseringsreserve (Market Stability Reserve)⁵⁶ som innebærer at en del kvoter som står ubrukt i 2023 kan bli slettet. Dette betyr at EU ETS har et øvre tak på kvoter, men det er en mulighet for at totale utslipp i kvotemarkedet vil bli lavere. Det betyr at utslipp fra luftfart i EU-ETS området kan bidra til at færre kvoter i markedsstabiliseringsmekanismen står ubrukt, som betyr at netto utslipp ikke er null⁵⁷. Uansett er de øvrige klimaeffektene fra luftfart ikke omfattet av EU-ETS (se delkapittel 2.2) og må tas med i beregningen.

Den anbefalte verdsettingen av en CO₂-ekvivalent er satt til 508 kr/tonn i 2019. Det er anbefalt at denne prisen bør vokse vesentlig i over tid i tråd med anbefalt karbonprisbane. Utfra anbefalingene fra Hagen-utvalget (NOU 2012:16, 2012) følger det at modellberegnete tiltakskostnader for å overholde Parisavtalen burde danne grunnlaget for den langsiktige karbonprisbanen. For å beregne karbonprisbanen har vi hentet ut tall for global CO₂-pris i 1.5°C-scenarier med lav sannsynlighet for overskridelse av 1.5°C (1.5°C low OS) fra IAMC 1.5°C Scenario Explorer and Data hosted by IIASA (Huppmann et al., 2018).

Gitt dette deloppdragets begrensede omfang vil vi kun beregne utslippskostnader for 2019 og 2030 (gitt uforandrede utslippsfaktorer). I tråd med medianestimatet fra karbonprisbanen for 2030 er 2159 kr (2019-kr).

Brutto utslippskostnader fra klimagassutslipp

Tabell 26.10 gjengir brutto utslipp fra norske flyreiser. Ved å gange disse utslippsfaktorene med 0.508 (kr/kg) får vi følgende verdsetting for 2019:

Tabell 26.13: *Brutto utslippskostnader for klimagassutslipp i 2019 (inkluderer oppjusteringer ved flyreiser over 8000 meters høyde). 2019-kr.*

	Per pass. (LTO)	Per RPK	Totalt (mill kr)	Total/pass	Total/RPK
Turboprop innland	12,32	0,06	90	28,29	0,11
Jetfly innland	14,04	0,07	622	47,39	0,09
Sum innland	13,70	0,07	712	43,66	0,10
Fly til EØS/EU	12,67	0,06	975	90,86	0,07
Smale fly til andre land	14,20	0,07	62	173,38	0,07
Vide fly til andre land	6,90	0,06	231	388,54	0,06
Sum andre land	9,65	0,06	293	307,48	0,06
Sum utland	12,43	0,06	1267	108,53	0,07
Totalt	13,17	0,06	1979	70,72	0,08

Dersom utslippskoeffisientene er uendret fram til 2030, vil enhetskostnadene per LTO per passasjer og per pkm være:

⁵⁶ https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/reform_en

⁵⁷ Perino (2018) anslår at historisk har 1 tonn bruttokutt innenfor EU ETS har gitt 0.25-0.75 tonn nettokutt

Tabell 26.14: Brutto utslippskostnader for klimagassutslipp i 2030 med uendrede utslippskoeffisienter (inkluderer oppjusteringer ved flyreiser over 8000 meters høyde). 2019-kr.

	Per pass. (LTO)	Per RPK
Turboprop innland	52,36	0,26
Jetfly innland	59,66	0,28
Sum innland	58,23	0,28
Fly til EØS/EU	53,86	0,25
Smale fly til andre land	60,36	0,28
Vide fly til andre land	29,31	0,25
Sum andre land	41,01	0,26
Sum utland	52,81	0,25
Totalt	55,97	0,26

Netto utslippskostnader fra klimagassutslipp

På lang sikt antar vi at utslippene i EU ETS ligger på det bindende kvotetaket. Når alle utslippene som er omfattet av EU ETS er tatt bort, sitter vi igjen med netto utslipp. Det betyr at utslipp fra under 8000 meters høyde (dvs. utslipp per passasjer) blir 0⁵⁸, mens det for utslipp fra over 8000 meters høyde (dvs. per RPK) kun medregnes multiplikatoren for øvrige klimaeffekter fra kapittel 26.1.2 for flygninger innen EU ETS. Når disse verdsettes etter anbefalte kalkulasjonspriser får vi følgende:

Tabell 26.15: Netto utslippskostnader for klimagassutslipp i 2019 (inkluderer oppjusteringer ved flyreiser over 8000 meters høyde og utslipp utenfor EU ETS). 2019-kr.

	Per pass. (LTO)	Per RPK	Totalt (mill kr)	Total/pass	Total/RPK
Turboprop innland	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Jetfly innland	0,00	0,03	195	14,82	0,03
Sum innland	0,00	0,03	195	11,93	0,03
Fly til EØS/EU	0,00	0,03	373	34,75	0,03
Smale fly til andre land	14,20	0,07	62	173,38	0,07
Vide fly til andre land	6,90	0,06	231	388,54	0,06
Sum andre land	9,65	0,06	293	307,48	0,06
Sum utland	0,79	0,03	665	56,99	0,04
Totalt	0,33	0,03	860	30,73	0,03

Dersom utslippskoeffisientene er uendret fram til 2030, vil enhetskostnadene per LTO per passasjer og per pkm være:

⁵⁸ I lys av diskusjonen over om Market Stability Reserve, anbefaler vi å gjøre en følsomhetsanalyse hvor nettoutslipp fra under 8000 meters høyde innenfor EØS/EU forutsettes å være 75% av bruttoutslippene. Dette er det øvre estimatet fra Perino (2018). I forhold til antagelsen om null nettoutslipp, utgjør følsomhetsanalysene den andre enden av usikkerhetsspennet.

Tabell 26.16: Netto utslippskostnader for klimagassutslipp i 2030 med uendrede utslippskoeffisienter (inkluderer oppjusteringer ved flyreiser over 8000 meters høyde). 2019-kr

	Per pass. (LTO)	Per RPK
Turboprop innland	0,00	0,00
Jetfly innland	0,00	0,12
Sum innland	0,00	0,11
Fly til EØS/EU	0,00	0,11
Smale fly til andre land	60,36	0,28
Vide fly til andre land	29,31	0,25
Sum andre land	41,01	0,26
Sum utland	3,34	0,15
Totalt	1,40	0,14

Som beskrevet i del 2 av hovedrapporten er det svært mye usikkerhet knyttet til nødvendige tiltakskostnader for å overholde Parisavtalen på effektivt vis. Der oppgir vi også interkvartil spredning på beregningene av karbonprisbanen, som kan fungere som et utgangspunkt for følsomhetsanalyser.

26.2.2 Utslippskostnader fra øvrige utslipp

I dette delkapitlet presenterer vi beregningene av utslippskostnader fra både NO_x og PM₁₀-utslipp.

Utslippskostnader fra NO_x-utslipp

Med våre beregninger og anbefalte kalkulasjonspris kommer vi fram til NO_x-utslippskostnader per LTO per passasjer på 2,45 kr – 6,23 kr, og utslippskostnader per pkm på 0,6 øre – 2,3 øre. Den totale kostnaden av NO_x-utslippet blir dermed ca. 281 mill. kr.

Tabell 26.17: Utslippskostnader fra NO_x-utslipp fra fly. 2019-kr.

	Per pass. (LTO)	Per RPK	Totalt (mill. kr)	Total/pass	Total/RPK
Turboprop innland	2,45	0,023	27	8,34	0,032
Jetfly innland	3,45	0,006	83	6,36	0,013
Sum innland	3,25	0,008	110	6,74	0,015
Fly til EØS/EU	4,03	0,005	116	10,85	0,008
Smale fly til andre land	5,07	0,006	7	18,94	0,008
Vide fly til andre land	6,23	0,011	48	80,14	0,012
Sum andre land	5,79	0,010	54	57,09	0,012
Sum utland	4,18	0,006	171	14,62	0,009
Totalt	3,64	0,007	281	10,03	0,011

Utslippskostnader fra PM₁₀-utslipp

Med våre beregninger og konservative kalkulasjonspris kommer vi fram til PM₁₀-utslippskostnader per LTO per passasjer på 1 øre – 2 øre, og utslippskostnader per pkm på litt over 0,01 øre. Den totale kostnaden av NO_x-utslippet blir dermed ca. 3,2 mill. kr.

Tabell 26.18: Utslippskostnader fra PM₁₀-utslipp fra fly. 2019-kr.

	Per pass. (LTO)	Per RPK	Totalt (mill. kr)	Total/pass	Total/RPK
Turboprop innland	0,01	0,0001	0,1	0,04	0,0002
Jetfly innland	0,02	0,0001	1,0	0,07	0,0001
Sum innland	0,02	0,0001	1,1	0,07	0,0001
Fly til EØS/EU	0,01	0,0001	1,6	0,15	0,0001
Smale fly til andre land	0,02	0,0001	0,1	0,30	0,0001
Vide fly til andre land	0,01	0,0001	0,4	0,68	0,0001
Sum andre land	0,01	0,0001	0,5	0,53	0,0001
Sum utland	0,01	0,0001	2,1	0,18	0,0001
Totalt	0,02	0,0001	3,2	0,12	0,0001

Som beskrevet i del 2 av hovedrapporten er det svært mye usikkerhet knyttet til verdsettingen av utslipp som har implikasjoner for bruken av disse beregningene i nyttekostnadsanalyser:

Til bruk for luftfart har kun verdsatt utslippene CO₂, NO_x og PM₁₀. Det er andre utslipp flytransport (f.eks. ozon O₃) som sannsynligvis har en lavere marginal skade enn de verdsatte utslippene, men marginal skade er ikke lik null. Dette er en enda kilde til usikkerhet i kostnadsestimatene, og den indikerer at skadekostnader fra utslipp til luft kan være undervurdert. I tillegg forutsetter vi at det aller meste av utslippene av NO_x og PM₁₀ ikke vil påvirke årsmiddelkonsentrasjoner i nevneverdig grad der det er vesentlig befolkningstetthet, slik at det ikke vil medføre vesentlige helseeffekter. Selv om det da skulle bare være noen få områder hvor flytrafikken medfører helsekostnader fra luftforurensing, så kan tiltakskostnaden være en undervurdering av riktig kalkulasjonspris for NO_x og PM₁₀. I tillegg er ikke alle helseutfall fra disse utslippene verdsatt. Begge disse aspektene bør vurderes i følsomhetsanalyser av resultater i nyttekostnadsanalyser – usikkerheten i estimatene går i begge retninger, men det kan være en skjevhet mot undervurdering av utslippskostnadene.

Referanser, Del 9, Kap. 26

- SAS utslippskalkulator: <https://www.sasgroup.net/en/emission-calculator-and-carbon-offset/>
- SSB: Statistikkbanken
- Avinor: Årsstatistikk, utdrag fra statistikkdatabase og utdrag fra ruteprogram
<https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/default.aspx>
<https://pub.cicero.oslo.no/cicero-xmlui/bitstream/handle/11250/2417163/MTL%20Report%2005%20final%2025%2010%20web.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_transatlantic-airline-ranking-2014.pdf
- <https://www.fhi.no/publ/2017/flystoy-og-luftforurensning-ved-flyplasser/>
<https://www.drivkraftnorge.no/Tall-og-fakta/salgsstatistikk/>
- Huppmann, D., Kriegler, E., Krey, V., Riahi, K., Rogelj, J., Rose, S. K., . . . Zhang, R. (2018). IAMC 1.5°C Scenario Explorer and Data hosted by IIASA (Publication no. 10.22022/SR15/08-2018.15429). from Integrated Assessment Modeling Consortium & International Institute for Applied Systems Analysis <https://data.ene.iiasa.ac.at/iamc-sr15-explorer>
- NOU 2012:16. (2012). *Samfunnsøkonomiske analyser*. Oslo: Departementenes servicesenter.
- Perino, G. (2018). New EU ETS Phase 4 rules temporarily puncture waterbed. *Nature Climate Change*, 8(4), 262-264.
- van Essen, H., van Wijngaarden, L., Schrotten, A., Sutter, D., Bieler, C., Maffii, S., . . . Parolin, R. (2019). *Handbook on the External Costs of Transport, Version 2019* (927996917X). Retrieved from <https://www.cedelft.eu/en/publications/2311/handbook-on-the-external-costs-of-transport-version-2019>
- Yim, S. H., Lee, G. L., Lee, I. H., Allroggen, F., Ashok, A., Caiazzo, F., . . . Barrett, S. R. (2015). Global, regional and local health impacts of civil aviation emissions. *Environmental research letters*, 10(3), 034001.
- Österström, J. (2016). Luftfartens marginalkostnader: en delrapport inom Samkost 2: Statens väg- och transportforskningsinstitut.

27 Marginale kostnader ved flystøy

27.1 Bakgrunn

Dette kapitlet drøfter marginale støykostnader ved luftfart. Våre beregninger tar utgangspunkt i et normert årstdøgn og spør hvordan en marginal endring i årstdøgntrafikken (dvs. en ekstra flybevegelse om dagen og 365 ekstra flybevegelser i året) på en bestemt flyplass endrer den omkringliggende befolkningens støykostnader. Vi ser både på endringer i trafikken med jet- og propellfly.

Studien baseres på Andersson og Ögrens (2013) metodikk til å analysere marginale støykostnader, med sikte på å oppnå konsistens med beregningene av støykostnader for de andre transportmidlene. Vi gir innledningsvis et overblikk over grunnprinsippene i metoden.

La $L = f(N)$ definere støyeksponeringen som en funksjon av antall flybevegelser (N) til og fra flyplassen. Totale støykostnader utledes ved å gange enhetsprisen per plaget, w , med antall plagede av flystøyen. Vi bruker internasjonale virkningskurver (Miedema og Oudshoorn 2001, Miedema 2002) til å beregne andelen plagede ($a(L)$) som en funksjon av støynivået. La antallet personer som eksponeres for ulike desibelnivåer defineres som $u(L)$. Uttrykket for de marginale kostnadene skrives da som:

$$\frac{\partial S}{\partial N} = \sum_L \left(w u(L) \frac{\partial a(L)}{\partial L} \right) \frac{\partial L}{\partial N} \quad (5)$$

Vi kan dele dette opp i to deler

- Vi finner ut hvor stor økning i støybelastningen vi får ved en ekstra flybevegelse, dvs. $(\partial L / \partial N)$.
- Vi ganger denne endringen med marginalkostnaden for 1 dB støyendring i belastningsintervallet og antall eksponerte. Dette innebærer verdsetting av støyplager.

I det følgende drøfter vi beregningen av de to komponentene, for deretter å presentere beregninger av marginale støykostnader for luftfarten.

27.2 Verdsetting av flystøy

Utgangspunkt er de samme kostnadselementene som for landbaserte transport, dvs. helsekostnader i form av sterk støyplage, søvnforstyrrelser om natten, hjertekarsykdommer og trivselsproblemer i form av lettere støyplager.

Vi bruker en kostnad på 0.02 DALY som helsekostnaden for en person som er sterkt støyplaget, og 0.07 DALY for en person som er sterkt søvnforstyrret. Vi bruker resultatet

fra en betalingsvillighetsstudie for å angi endringer i personer som får redusert trivsel i form av at de plages (utenom de som er sterkt plaget). Ulempekostnader regnes foreløpig ikke inn grunnet manglende opplysninger/analyser. Dette er tilsvarende som ved tidligere beregninger av de eksterne støykostnadene for vegtrafikk- og togstøy.

En DALY er verdsatt til NOK₂₀₁₉ 1 611 000.

(Det er kjent fra betalingsvillighetsstudier (Bristow og Nellthorp, 2000) at folk kan ha asymmetrisk betalingsvillighet. De er villige til å betale mer for å unngå økt støy enn det de anser at de vinner ved å få en tilsvarende støyreduksjon. Dette fanges ikke opp i symmetriske DALY beregninger hvor adferdstilpasninger, og tilpasningskostnader ikke regnes inn.)

Betalingsvillighetsstudier kan skille mellom verdien av en forverring og en forbedring, men det er vanskelig å unngå at svarene blir farget av taktisk svargivning, og generelle holdninger til skatleggingsnivå og innkrevingsmetoder. Det er imidlertid ingen verdsettelsesmetoder som ikke har svakheter.

27.2.1 Hjertekarsykdommer holdes utenom

Det er ikke tilstrekkelig godt gjort at flystøy forårsaker hjertekarsykdommer (van Kempen mfl., 2018). Kostnader for iskemiske hjertelidelser regnes derfor ikke inn.

Riktignok finnes det tverrsnittstudier som påviser en korrelasjonell sammenheng mellom hjertekarsykdommer og flystøynivå, men kvaliteten av disse studiene er ikke gode nok til å etablere årsakssammenhenger. Boliger som oppfattes som mindreverdige pga. miljøforurensning, vil kunne være rimeligere enn tilsvarende boliger i områder med gode miljøbetingelser og vil kunne være lettere tilgjengelig for personer som av sosiale eller helsemessige grunner har dårlig råd. Revers kausalitet kan følgelig være en utfordring. I tillegg vil områder i nærheten av en flyplass av historiske eller utviklingsmessige årsaker ha en annen sammensetning av befolkningen, næringsaktiviteter og annen øvrig transport (blant annet tilbringertjenester, flyfrakt, forsyningstjenester mv).

27.2.2 Søvnforstyrrelser

Vi tar utgangspunkt i arbeidet til Basner og McGuire (2018).

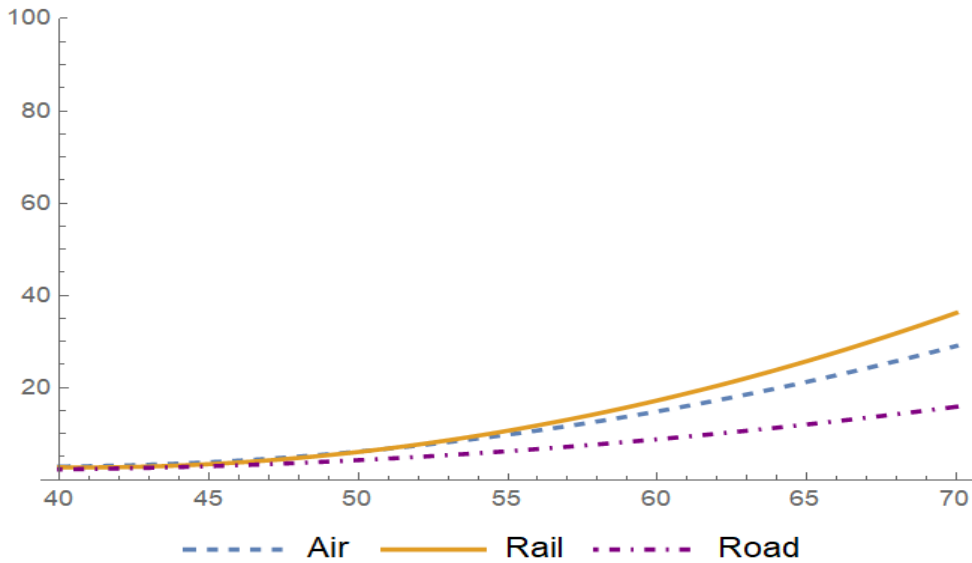
Utgangspunktet er sterke søvnplager (mye og voldsomt plaget) som funksjon av L_{night} . Kurvene starter fra 40 dB, men er relativt flate under 50dB, slik at vi for å sikre sammenliknbarhet med veg og togtrafikkstøy bruker L_{night} lik 50dB som nedre grense.

Ettersom kurven er slak gjør vi en enkel lineær tilnærming og får da en vinkelkoeffisient på 0.011436.

Ved å gange med kroneverdien av helsetapet i DALY for en person som er sterkt støyforstyrret per år, får vi:

Marginalkostnad sterke søvnforstyrrelser per person per år og per dB og L_{night} over 50dB
NOK₂₀₁₉ 1 419 kroner.

Dette er noe under verdien for togstøy, men over verdien for vegtrafikkstøy.

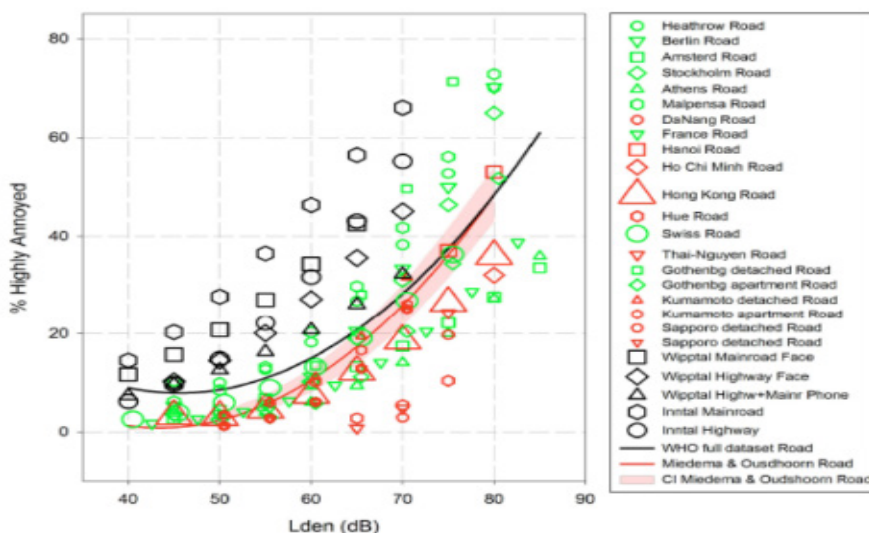


Figur 27.1: Virkningskurver for personer som er voldsomt og mye plaget av ulike søvnforstyrrelser som funksjon av L_{night} . Basert på tilnæringer i Basner mfl. (2018).

Flytrafikken om natten kan variere fra flyplass til flyplass. Det greieste er derfor å bruke L_{Night} direkte. Influensområdet for nattrafikk kan avvike fra influensområdet ellers på døgnet, både på grunn av trafikkmengde, og fordi fordelingen på rullebaner, innflyvningstraseer mv. kan være forskjellig. Vi har imidlertid ikke pålitelige opplysninger om endringene i influensområdet, og korrigerer ikke dette for flystøy.

27.2.3 Personer som er sterkt plaget av flystøy

Vi velger å bruke virkningskurver fra Miedema og Oudshoorn (2001) også for flystøy. Riktignok er det gjennomført metaanalyser (Guski mfl., 2017) som er nyere, men de nye analysene lider under av at det er brukt feil funksjonsform ved tilnæringer til virkningskurvene. Dette ser vi klart dersom vi eksempelvis kikker på virkningskurvene som er produsert for vegtrafikkstøy Guski mfl. (2017).



Figur 27.2: Virkningskurver for vegtrafikkstøy. Tilpasninger med annengrads polynom. Guski m.fl.

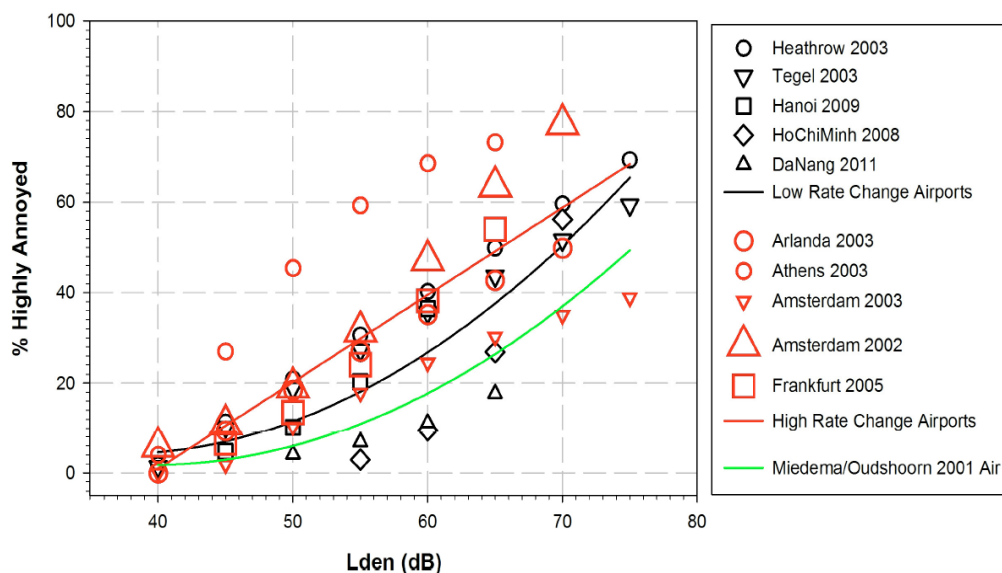
Her avtar tilsynelatende vegtrafikkstøyplagen ved de laveste eksponeringsverdiene – Dette er et artefakt som kommer ene og alene som resultat av feilaktig interpolasjonsmetode. Feilaktig interpolasjonsmetode gir også opphav til andre mistilpasninger som ikke er like lette å få øye på.

Vi ser eksempelvis at kurvene blir enda brattere ved høye støyverdier. En ville imidlertid forvente at den annen-deriverte skifter fortegn i det øyeblikket mer enn 50% av befolkningen rapporterer at de er sterkt plaget og at kurvene ville bli S—formede.

En kan kritisere tidligere arbeid fra Miedema og Oudshoorn for at det bygger på resultater som nå er foreldet. Arbeidet synes imidlertid metodisk mer solid ettersom sammenhenger bygger på en meta-analyse med en gruppert regresjonsmodell, noe som i likhet med logistisk regresjon eller ordinale logitmodeller gir S-formede virkningskurver.

27.2.4 Oversikten over nyere flystøyundersøkelser

For flystøy refererer og sammenfatter Guski mfl. (2017) en broket samling flystøyundersøkelser.



Figur 27.3: Virkningskurver for sterk støyplage som funksjon av Lden i ulike flystøyundersøkelser (Guski 2017).

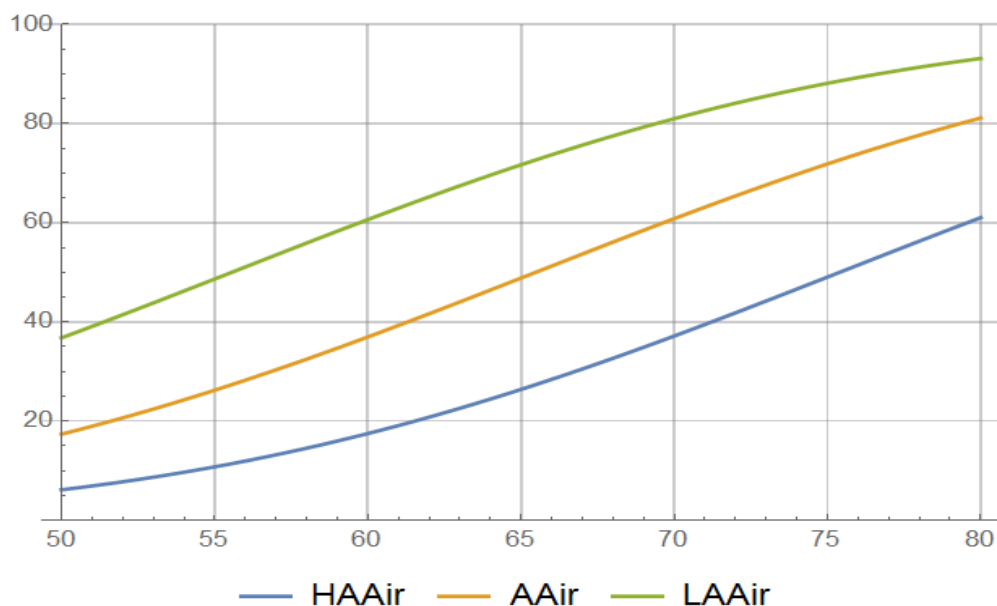
Fra beskrivelsen av kurvene gjengitt i Guski mfl. (2017) framgår det at de ulike kurvene ikke framkommer fra en meta-analyse eller analyse av et samlet sett av individuelle datapunkter, men ved å hente ut aggregerte datapunkter fra ulike undersøkelser og å interpolere. Det er anvendt lineær- og kurvelineær funksjonsformer for flyplasser der det hhv. skjer større endringer (eksempelvis ny rullebane) eller som er mere stabile.

Grunnen til å skille mellom flyplasser der det skjer endringer eller ei, er fordi plagene øker i forbindelse med endringer. Folk har større problemer med å tilpasse seg forverringer enn til stabile situasjoner, og motstanden fra ulike grupper kan bidra til negativ media-aktivitet, politiske konflikter mv. som gir ringvirkninger.

Begge funksjonsformene (lineær og kurvelineær) avviker fra de S-formede kurvene vi ville forvente. Vi oppfatter at kvaliteten på arbeidet er for dårlig til at en kan hente ut pålitelige virkningskurver for flystøy. Se også kritikk fra Gjestland og svar fra Guski mfl. (Gjestland, 2017;2019; Guski mfl., 2019). Her er fokus på de totale plagenivåene og ikke de marginale endringene.

Ser en spesielt på vinkelkoeffisientene er kurvene fra Miedema og Oudshoorn for flystøy over L_{den} 65 dB omtrent de samme som for flyplasser der det ikke skjer store endringer i de nye studiene rapportert av Guski mfl. (2017). Vinkelkoeffisientene er noe slakere (10-15%) under 65 dB. Det er følgelig ikke slik at kurvene som er aktuelle er dramatisk forskjellige for marginale kostnader. Vi konkluderer derfor at resultatene i Guski m.fl. ikke avviker tilstrekkelig fra beregningene i Miedema og Oudshoorn (2001), til at vi velger å gå bort fra disse. Det er også en fordel å bruke samme metodikk for virkningskurvene for veg-, tog- og flytrafikk.

27.2.5 Virkningskurver for sterk flystøyplage



Figur 27.4: Virkningskurver for flystøy. Gruppert regresjonsmodell (Miedema and Oudshoorn, 2001).

Vi kan gjøre stykkevis lineærttilnæringer av andelen som er sterkt plaget av flystøy (L_{den}) mellom 50 og 65 dB og fra 65 dB og oppover.

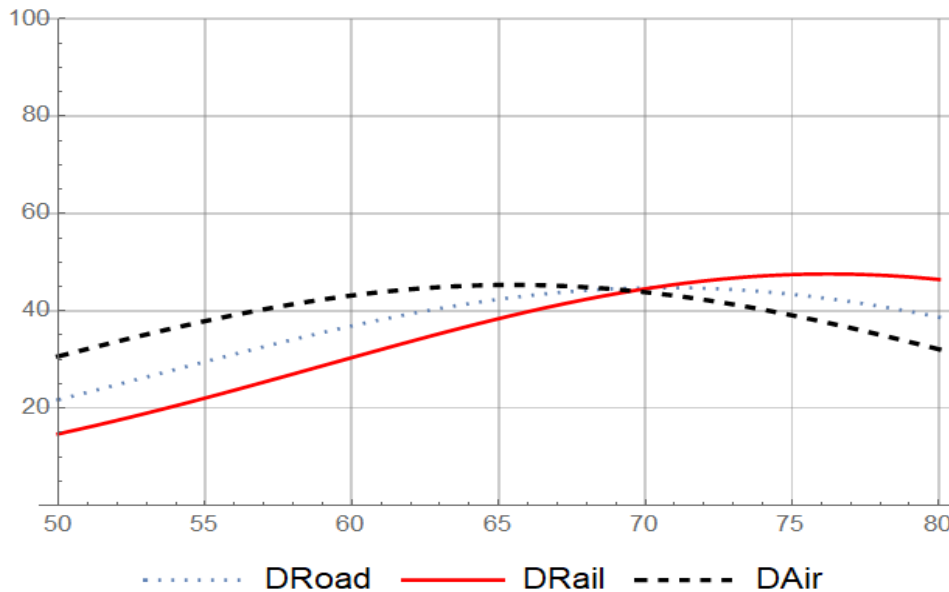
Vi får da vinkelkoeffisienter på hhv 0.0134962 og 0.0230832. Vi finner de marginale plagekostnadene ved å gange med 0.02 DALY dvs. NOK2019=32 200. Vi får da

Helsekostnad sterk støyplage per person og år i intervallet L_{den} 50 dB - 65 dB er NOK2019 **435** og **744** fra 65 dB og oppover.

Vi har beregnet at influensområdet for vegtrafikk og togtrafikk som begge er linjekilder øker med ca. 10% når støyen øker med 1 dB. Vi har imidlertid ikke pålitelige tall for hvordan influensområdet endrer seg ved marginale endringer i flytrafikken, og korrigerer derfor ikke for influensområdet.

27.2.6 Virkningskurver for lettere plager

Mange er plaget av flystøy, selv om de ikke er sterkt plaget. Vi ønsker derfor også å ta hensyn til endringer i antallet personer som har lavere grad av plage enn de om er mye og voldsomt plaget av flystøy.



Figur 27.5: Andel av befolkningen som er middels plaget etter støynivå. Kurver for vei, tog og flystøy.

Ser vi spesielt på personer som er plaget av flystøy, men som ikke er sterkt plaget, vil marginalkostnaden øke fra 50 til 65 dB, mens den vil minske fra 65 og oppover.

Årsaken til at vi kan få negativ vinkelkoeffisient er at personer som tidligere kun var lettere plaget nå er blitt sterkt plaget, og får en høyere kostnad. Når vi trekker fra andelen som er plaget men ikke sterkt plaget, regner vi inn netto økning i plagekostnaden, dvs. merkostnaden ved å gå fra plaget til sterkt plaget.

Ettersom det er langt flere personer som er eksponert for mindre enn 65 dB enn over, er det uhensiktsmessig å kun bruke en enkelt lineærtillnærming. Vi skiller derfor mellom området mellom 50 og 65 dB og området fra 65 dB og oppover.

Vinkelkoeffisientene blir da hhv. 0.00976928 og -0.00880008 (dvs. en negativ vinkelkoeffisient).

Marginalkostnaden for endring i sannsynligheten for å bli lettere plaget får vi ved å gange vinkelkoeffisienten med betalingsvilligheten for å unngå plage i 2019 kroner. Verdssettingen er hentet fra forrige verdsettingsstudie av støy (Magnussen mfl., 2010) og beløper seg til 3969 2019-NOK per plaget person per år. Vi får da:

Plagekostnad lettere plage for flystøy:

NOK2019 **39** fra L_{den} 50 dB – L_{den} 65 dB, mens det gjøres et fratrekk av NOK2019 **35** over 65dB.

Vi gjør som tidligere nevnt ingen korreksjon for endring i influensområdet ettersom vi mangler pålitelige opplysninger om dette.

27.2.7 Oppsummering – enhetspriser for støyplage

Enhetspriser per person, desibel og år finnes ved å summere over enhetspriser for henholdsvis sterk og lettere støyplage og søvnforstyrrelser. Enhetsprisene presenteres samlet for støyutsatte som ikke er søvnforstyrret (L_{night} er lavere enn 50 dB) og for personer som er søvnforstyrret (L_{night} er større eller lik 50 dB).

Tabell 27.1: Enhetspriser for flytrafikkstøy per person, desibel og år, etter L_{den} (kolonner) og L_{night} (rader)

Støyplage etter L_{DEN}/L_{night}	50dB-65dB	65dB og over
Ikke søvnforstyrret ($L_{night} < 50$ dB)	474	709
Søvnforstyrret ($L_{night} \geq 50$ dB)	1893	2128

27.3 Beregning av marginal flystøy

Vi tar utgangspunkt i støymetodikken til European Civil Aviation Conference (ECAC), dokumentert i håndboken [ECAC.CEAC Doc 29, 4. edition, vol 2](#), i vår beskrivelse av støyberegninger for luftfarten. Vi vil skissere grunnprinsippene i støyberegningene og hvordan støyen ved en ekstra flybevegelse kan beregnes.

Innledningsvis vil vi peke på viktige forskjeller mellom hvordan støy fra vei/bane og fly modelleres:

- For vei/bane er det ikke fokus på vertikal distanse mellom støykilden og mottaker (altså, avstand fra et punkt i luften til et punkt på bakken). For fly er dette derimot viktig, og basisverdier for flystøy rapporteres etter (korteste) distanse mellom flytraséer og mottakere, samt flyets motorkraft.
- For bane- og veitrafikkstøy består støyberegningemetodikken av en emisjonsmodell (dvs. beregning av støy ved kilden som funksjon av ÅDT) og en spredningsmodell (dvs. fratrekk for attenuasjon, skjerming mv.). Dette skillet er ikke like fremtredende i støyberegninger for fly, hvor støyverdier per hendelse (såkalte Sound Exposure Levels (SEL), som er normalisert til *lyd per sekund*) legges til grunn for beregningene. SEL-nivåene angis basert på avstand mellom flyene og hver enkelt bolig/lokasjon.

27.3.1 Beregninger av flystøy

ECAC beskriver støy på gitt adresse som summen av støy fra alle traséer til flyplassen. Dette er «veiene» til og fra flyplassen, med sine spesifikke flytype- og høydeprofiler for inn- og utflygning. Hver trasé er igjen delt inn i flere segmenter. For hvert segment beregnes støynivået hos mottaker på bakgrunn av støynivåer (SEL) per flytype og justeringsfaktorer. Utgangspunktet for beregningene er støyen skapt av hver enkelt flyvning:

$$L_{E,ijk} = L_E(p, d) + \sum \nabla \quad (6)$$

(2) beskriver støynivået (SEL) for *en enkelt flybevegelse* med flytypen i på traséen j og det tilhørende segment k . Denne beregnes basert på normerte SEL-nivåer etter motorkraft (p =power) og distanse fra mottaker (d), samt segment-spesifikke korreksjonsfaktorer (∇).

Den samlede støyen hos mottaker knyttet til en enkelt flybevegelse (en enkelthendelse) med flytypen i på traséen j finnes deretter ved å summere opp støy fra alle segmenter av betydning for mottakeren:

$$L_{E,ij} = 10 \log_{10} \left(\sum_{k=1}^K 10^{\frac{L_{E,ijk}}{10}} \right) \quad (7)$$

For å finne gjennomsnittlig støy må vi regne om fra SEL (støy per sekund) til støy per døgn. Vi tar utgangspunkt i en døgnvektet støyberegning, hvor støy på kvelden og natten får et «straffetillegg». Vi grupperer flybevegelser med de ulike flytypene og fra de ulike traséene etter når på døgnet de fant sted. Formelt kan vi da skrive den døgnvektede støyen på en enkelt adresse som:

$$L_{DEN}(N_{sij}) = 10 \log_{10} \left(\sum_{s=dag}^{natt} \sum_{i=1}^{I_s} \sum_{j=1}^{J_s} N_{sij} 10^{\frac{L_{Eij} + \Delta_s}{10}} \right) - 10 \log_{10}(86,400) \quad (8)$$

Hvor $s = (dag, kveld, natt)$ er en indeks som angir tid på døgnet, mens leddet $-10 \log_{10}(86,400)$ er en konvertering fra støy per sekund til støy per døgn (et døgn har 86,400 sekunder). N_{sij} forteller hvor mange fly av flytypen i som anvendte traséen j i løpet av perioden s , mens Δ_s spesifiserer 5 dB tillegg på natten og 10 dB tillegg på dagen for å ta hensyn til den ekstra ulempen støy medfører i disse periodene.

27.3.2 Marginal flystøy

Vi er interessert i hvordan en ekstra flyvning endrer støynivået hos hver enkelt mottaker. Dette gjelder altså tillegget i døgnkivalent støy ved at ett ekstra fly av typen I tar av eller lander på en bestemt trasé J . Denne endringen kan enten vurderes

- For hvert enkelt segment av trasé J
- Samlet for alle segmenter av trasé J

Det er intuitivt den siste definisjonen (dvs. endring i samlet støybelastning ved en ekstra inn- eller utflygning) som er den mest aktuelle.

Den empiriske analysen tar utgangspunkt i Avinors siste foreliggende støykartlegginger (med den basistrafikken som gjelder i dag), samt oppdaterte støyberegninger når flytrafikken endres med hhv. 1 eller 10 ekstra fly i forhold til basistrafikken. Resultatene oppgis per bolig (og flyplass). Marginal flystøy på den enkelte adresse kan dermed beregnes ved å se på differansen i beregnet L_{DEN} i scenarioet med økt trafikk (enten på dagtid eller på natten) relativt til basisscenarioet:

$$\frac{\partial L_{DEN}}{\partial N_{sIJ}} = L_{DEN}(N_{sIJ} + 1) - L_{DEN}(N_{sIJ}) \quad (9)$$

27.4 Empirisk studie av marginale støykostnader

Dette kapitlet beskriver empiriske anvendelser av metoderammeverket som ble etablert i de forutgående kapitlene.

27.4.1 Utvelgelse av case (flyplasser)

Grunnet at utredningsprosjektet om marginale skadekostnader ved flytrafikk er begrenset i omfang er det nødvendig å begrense antallet flyplasser hvor skadekostnadene ved en ekstra

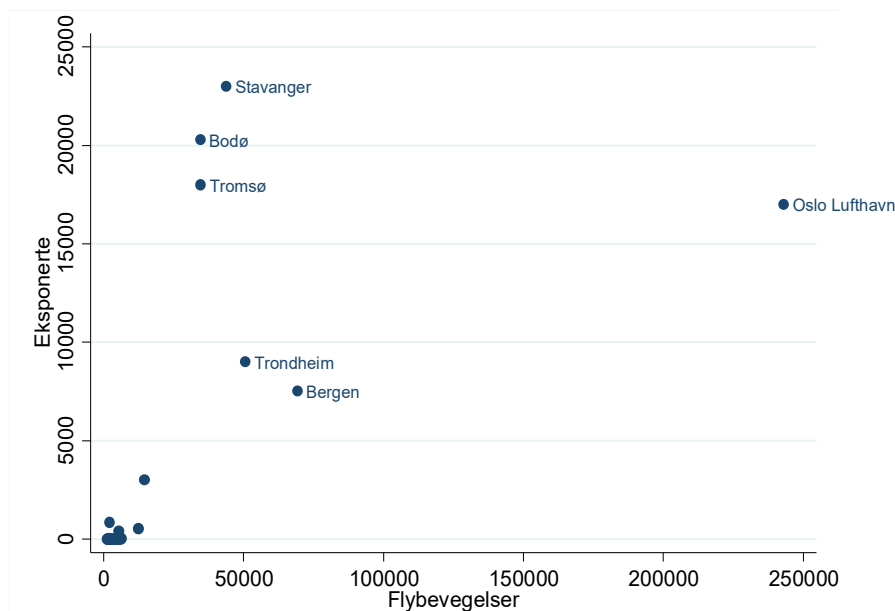
flyvning analyseres. Vi legger til grunn både fly av typen propell- og jetfly når vi vurderer endring i skadepkostnader ved en marginal endring i flytrafikken. Det er følgelig viktig å velge ut flyplasser med «blandet trafikk».

Vår oversikt viser at trafikkmengden og antallet berørte varierer sterkt fra flyplass til flyplass. Mange flyplasser har få eller ingen eksponerte, mens relativt få flyplasser står for en stor del av flystøybelastningen i Norge.

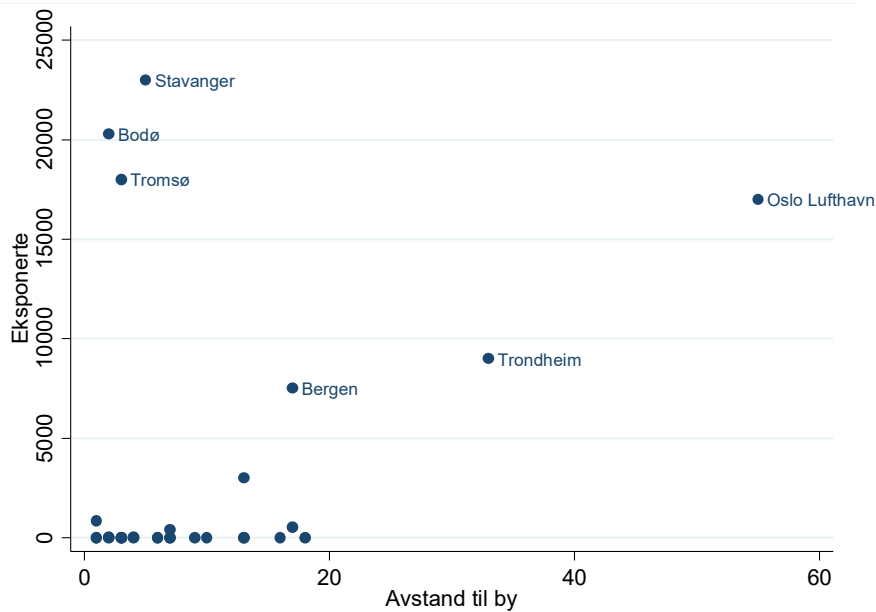
Det er flere alternative kriterier som kan legges til grunn ved utvelgelsen av case:

- Flyplassene kan velges ut etter andel av trafikk relativt til total trafikk i Norge
- Flyplassene kan velges ut etter hvilken type trafikk de har
- Flyplassene kan velges ut for å favne om flest mulig eksponerte, for å på denne måten best mulig representere støyplagen ved luftfart.

Basert på data fra Avinor og sammenstilling av støykartlegginger som finnes tilgjengelig på internett, finner vi følgende sammenhenger mellom støyplage (antall eksponerte) og hhv. antallet flybevegelser og avstand til nærmeste by per lufthavn. Antall eksponerte dreier seg her om antall personer utsatt for utendørs støy (L_{den}) på 50 dB eller mer.



Figur 27.6: Antall eksponerte og flybevegelser per flyplass.



Figur 27.7: Antall eksponerte og avstand til by/ tettsted, per flyplass.

Figurene viser at Oslo Lufthavn er langt større enn de andre lufthavnene, målt i antall flybevegelser. Videre er det et skille mellom lufthavnene (Stavanger, Bodø, Tromsø) og (Bergen, Trondheim) når det gjelder antall eksponerte, selv om antallet flybevegelser per flyplass er sammenliknbart. En viktig forklaring ser ut til å være avstanden fra de nevnte flyplassene og til nærmeste by/tettsted. For å få fram variasjonen i antall eksponerte per flyplass (over 5000), samt i trafikkgrunnlag og avstand til nærmeste by foreslår vi i samråd med Avinor følgende utvelgelse:

1. Oslo lufthavn Gardermoen
2. Stavanger lufthavn Sola
3. Tromsø lufthavn Langnes
4. Bergen lufthavn Flesland
5. Trondheim lufthavn Værnes

27.4.2 Beregning av flystøy

Avinor foretar en flystøyberegning for hver enkelt lufthavn minimum hvert 10. år. For de 4 lufthavnene med mer enn 50 000 flybevegelser per år gjøres en strategisk støykartlegging hvert 5. år. Ut over det, oppdateres støyberegningene i forbindelse med fornyet konsesjonssøknad eller ved utvidelser/endringer i lufthavnens utforming. Hver støyberegning baserer seg på dagens situasjon og rapporterer antallet personer og antallet bygninger etter desibel ved fasaden. Bygningstypene som vurderes er boliger, skoler, helseinstitusjoner og fritidsboliger.

Avinors støyberegninger er gjennomført ved bruk av verktøyet Nortim. Resultatfilene fra Nortim inneholder detaljerte støyverdier (inkludert L_{DEN} og L_{night}) for alle bygninger innenfor beregningsområdet. Resultatfilene danner grunnlaget for TØIs beregning av marginal flystøy.

Avinor har tatt utgangspunkt i sine siste støyberegninger for de 5 utvalgte flyplassene, og for hver av de gjort nye støyberegninger for hvert av de 8 følgende scenarioene:

- S1: Dagens situasjon + 1 stk. avgang med B737-800 (Jetfly) på dagtid
- S2: Dagens situasjon + 10 stk. avgang med B737-800 på dagtid
- S3: Dagens situasjon + 1 stk. avgang med DCH-8 (Turboprop) på dagtid
- S4: Dagens situasjon + 10 stk. avgang med DCH-8 på dagtid
- S5: Dagens situasjon + 1 stk. avgang med B737-800 på natten
- S6: Dagens situasjon + 10 stk. avgang med B737-800 på natten
- S7: Dagens situasjon + 1 stk. avgang med DCH-8 på natten
- S8: Dagens situasjon + 10 stk. avgang med DCH-8 på natten

Med «dagens situasjon» menes her gitt trafikkgrunnlaget for den nyeste støyberegningen som foreligger per flyplass, heretter kalt *basisscenarioet*. Avinor har foreslått å beregne støy ved avganger (heller enn ankomst), siden det er da flyene støyer mest. Samtidig legges det til grunn en flygning med fullt fly, såkalt MTOW.

Flygninger på kveld og natt får et tillegg på henholdsvis 5 og 10 dB i støyberegningene, mens flygninger på dag beregnes med de reelle støynivået. I likhet med beregning av marginale støykostnader for jernbanen, vurderer vi støyendringen ved en marginal endring i flybevegelser i) på dagtid og ii) på natten for å synliggjøre betydningen av hvilken tid på døgnet hendelsen finner sted for støykostnadene.

I analysene er marginale trafikkendringer på følgende rullebaner lagt til grunn:

1. Oslo lufthavn Gardermoen: Avgang mot nord (Rullebane 01R), destinasjon Værnes
2. Stavanger lufthavn Sola: Avgang mot nord (Rullebane 36), destinasjon Gardermoen
3. Tromsø lufthavn Langnes: Avgang mot sør (Rullebane 19), destinasjon Gardermoen
4. Bergen lufthavn Flesland: Avgang mot nord (Rullebane 35), destinasjon Gardermoen
5. Trondheim lufthavn Værnes: Avgang mot øst (Rullebane 27), destinasjon Gardermoen

Annen trafikk

I prosjektbeskrivelsen framgår det at skadekostnader knyttet til helikoptertransport ikke skal vurderes. Merk at helikoptertransport foregår ved flere av flyplassene i Norge, og er dermed tatt hensyn til i trafikkgrunnlaget for Avinors støykartlegginger.

Vi ser det ikke som hensiktsmessig å skulle «trekke ut» helikoptrene fra beregningsgrunnlaget til støyberegningene. Dagens trafikk på flyplassen må antas å ligge fast. Derimot beregnes marginale skadekostnader kun for endringer i trafikken med fly med fast vinge.

27.4.3 Beregning av marginale kostnader per flyplass

Den praktiske implementeringen av marginale støykostnader fra likning (1) gjøres stegvis:

1. I henhold til likning (5) beregnes marginal støyendring ved å beregne differansen mellom L_{DEN} i hvert av scenarioene S1-S8 og basisscenarioet
2. Enhetsprisen per bolig beregnes i henhold til kapittel 2, ved å summere over kostnader knyttet til søvnforstyrrelser, sterk støyplage og lettere støyplager. Enhetsprisen for søvnforstyrrelser regnes kun med for boliger som eksponeres for L_{night} lik 50 dB eller mer.

3. Marginal støykostnad *per bolig* beregnes ved å multiplisere i) marginal støyendring, ii) enhetsprisen og iii) antall personer per bolig (oppgitt i Avinors datagrunnlag)
4. Marginal støykostnad *per flyplass* beregnes ved å summere over marginal støykostnad per bolig i tilknytning til flyplassen. Som vist av likning (1) innebærer det å summere over alle personer som eksponeres for flystøy ved en gitt flyplass.

27.4.4 Normalisering

I beregningene for jernbane normaliseres de beregnede støykostnadene per segment av hovedbanen ved å dele på lengden av segmentet (dvs. banelengden mellom to stasjoner, målt i km). Dette gir marginale kostnader per årsdøgnkilometer, som igjen kan deles på 365 dager for å finne marginal kostnad per kilometer transport.

For fly kunne vi benyttet en tilsvarende normalisering ved å dele på lengden (i km) til den spesifikke traseen (J) som benyttes i beregningen av marginale kostnader. For å skape en sammenlikning med støyberegninger for andre transportmidler må man da fokusere på den delen av traséen som gir et støybidrag til den omkringliggende populasjonen. Dessverre har vi ikke noe tilgjengelig mål på dette fra Avinor.

I forskrift 2006-07-06 nr 968 om utforming av store flyplasser (BSL E 3-2) beskrives det at inn- og utflygning starter og slutter 15 kilometer fra rullebanens definerte startpunkt. En mulighet er derfor å legge 15 kilometer til grunn per avgang. Antall seter per fly og passasjerer hentes fra utredningen om utslipp til luft fra flytransport. Samlet har vi da denne oversikten per flygning:

Tabell 27.2: Passasjerer og passasjerkilometer per avgang.

Fly	Seter	Utnyttning	Pax	Km*	Pax_km	Kilde
Turbo-prop	46	0.59	27	15	405	Tabell 5: Utslipp til luft
Jet	181	0.716	130	15	1950	Tabell 4: Utslipp til luft

*Antar inn- utflygning på 15 km i hht forskrift 2006-07-06 nr 968 om utforming av store flyplasser (BSL E 3-2).

27.5 Resultater

Vi presenterer i det videre våre vurderinger av datagrunnlaget og resultatene av studien om marginale støykostnader ved flytrafikk.

27.5.1 Vurdering av datagrunnlaget

Vi har gjort en grundig vurdering av kvaliteten på datagrunnlaget (dvs., støyberegningene) vi har mottatt fra Avinor, og funnet forhold det er betimelig å kommentere. Vi har synliggjort disse ovenfor Avinor under implementeringen av prosjektet, men det er ikke blitt gjort noen påfølgende revideringer av datamaterialet. Vi mangler dessverre alternative datakilder til å vurdere realismen i de beregnede marginale støykostnadene, og vi anbefaler derfor en gjennomgang og ytterligere kvalitetssikring av tallene i eventuelle videre arbeider med marginale støykostnader for fly.

Det mest sentrale punktet er detaljnivået i støyberegningene. Vår opptelling viser at støyverdiene rapporteres med maksimalt 2 desimaler (eks. 52.34 dB). Tabell 2 gir et eksempel på fordelingen av antall eksponerte i scenario S1 ved Oslo lufthavn Gardermoen, når eksponerte bygninger rangeres etter i) antall desimaler i den rapporterte støyvariabelen og ii) om beregnet marginalstøy (støy i S1, relativt til basisscenarioet; jf. (5)) er lik eller ulik 0.

Tabell 27.3: Opptelling av antall eksponerte i S1 ved Oslo lufthavn Gardermoen, etter antall desimaler i støyvariabelen og marginalstøy lik 0 eller ikke

Antall desimaler	Marginal- støy lik 0	Marginal- støy ulik 0	Total
0	43,000	0,000	43,000
1	362,000	0,000	362,000
2	3877,000	6,000	3883,000
Total	4282,000	6,000	4288,000

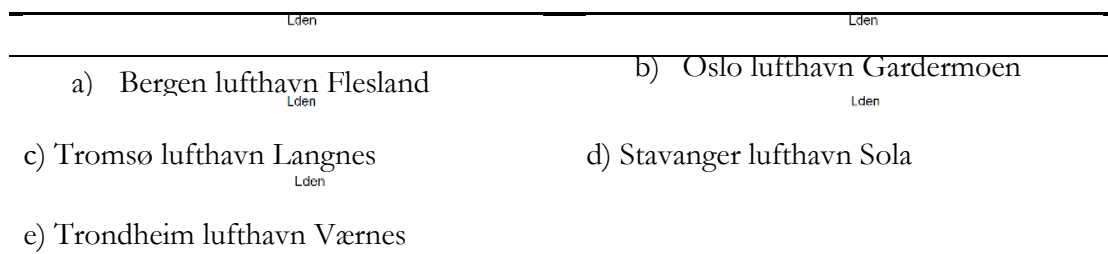
En rapportering av støyverdier med kun to desimaler blir for grovt: Trolig kreves det langt flere desimaler for å presist fange opp støyendringer per adresse ved en liten endring i flytrafikken. Dersom tallene avrundes til to desimaler, vil det innebære at vi som oftest beregner en marginal støyendring lik 0, selv om det er grunn til å tro at støyendringen reelt sett er (svært) liten men positiv. Dette fremgår klart av Tabell 2, hvor bare 6 av 4288 boliger rapporterer støyendringer ulik 0.

For å forstå konsekvensen av dette problemet bruker vi et enkelt regneeksempel. Anta at det er 3000 boliger ved en flyplass, og at hver av de i realiteten opplever en støyøkning på 0,0004 dB etter en liten økning i flytrafikken. Dersom støyberegningen kun rapporteres med to desimaler vil den beregnede støyøkningen være 0 for alle boliger, og tilsvarende vil marginale støykostnader være lik 0. Men dersom i) hver bolig huser 2 personer og ii) enhetsprisen (noe forenklet) er 600 per person og dB, vil marginal støykostnad per adresse reelt sett være $600 \cdot 2 \cdot 0,0004 = 0,48$ kr/bolig. Totalt for flyplassen blir dette $0,48 \cdot 3000 = 1440$ kr. Støykostnadene kan altså være betydelig underrapportert som følge av at støymålingene rapporteres med få desimaler.

I tillegg til utfordringer med selve støymålet finner vi en negativ støyendring for en bolig i scenario S3 for Stavanger lufthavn Sola. Vi forventer ikke at støyen skal avta med økt trafikk, så lenge alle antakelser/parametere i støyberegninger er like mellom scenarioene. Dette kan altså tyde på at de ulike scenarioene er beregnet under ulike forutsetninger, noe som i så fall gjør en sammenlikning vanskelig.

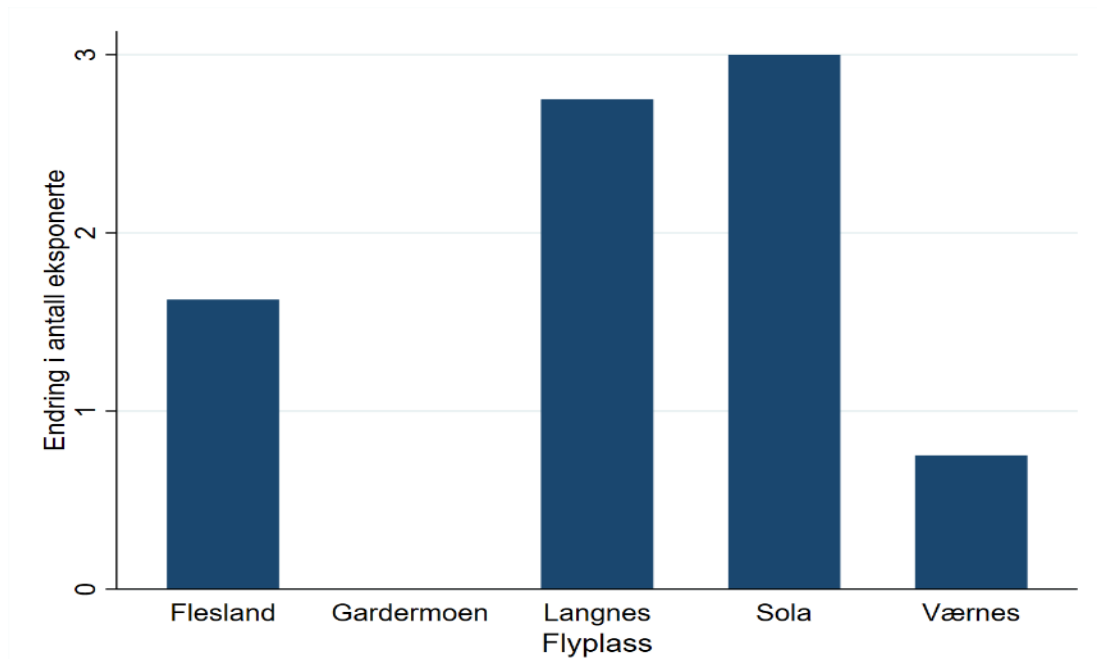
27.5.2 Antall eksponerte bygninger

Vi starter med en oversikt over antall bygninger som er eksponert for L_{DEN} større eller lik 50 dB per flyplass i basisscenarioene (dvs., for siste foreliggende støykartlegging Avinor har gjort).



Figur 27.8: Antall eksponerte bygninger per flyplass (Basisscenarioer). Kilde: Avinor.

Figur 27.8 viser at antall eksponerte bygninger varierer en del fra flyplass til flyplass, og at majoritetene av bygningene som utsettes for støy befinner seg i den laveste støykategorien (50-55 dB). For Bergen, Tromsø og Stavanger er det også mange eksponerte i kategorien 55-60 dB.

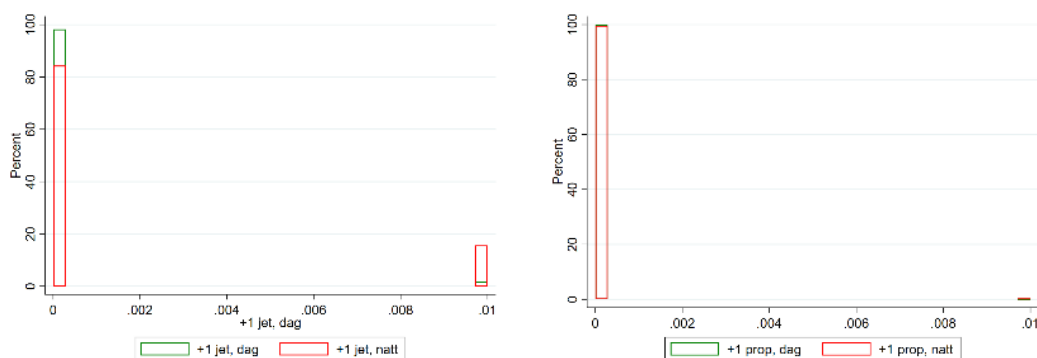


Figur 27.9: Gjennomsnittlig endring i antall eksponerte bygninger mellom scenarioer S1-S8 og basisscenarioet.

Figur 4 viser antallet bygninger som eksponeres for støy etter at trafikkmengden øker (S1-S3), men som ikke var regnet som støyutsatte i basisscenarioet. Det er snakk om få eller ingen boliger som rammes i tillegg til basisscenarioet i de fleste alternativscenarier.

27.5.3 Marginal støy

Vi beregner videre marginal støy per adresse for hvert av de 8 scenarioene S1-S8 i henhold til (5). Som diskutert i kapittel 27.5.1 er marginalstøy på et stort flertall av adresser lik 0, noe det er det grunn til å forvente at henger sammen med måten støy rapporteres på i Avinors støykartlegginger. Det kan innebære betydelig underrapportering av støyendringer og dermed marginale støykostnader.



a) Jetfly

b) Turboprop

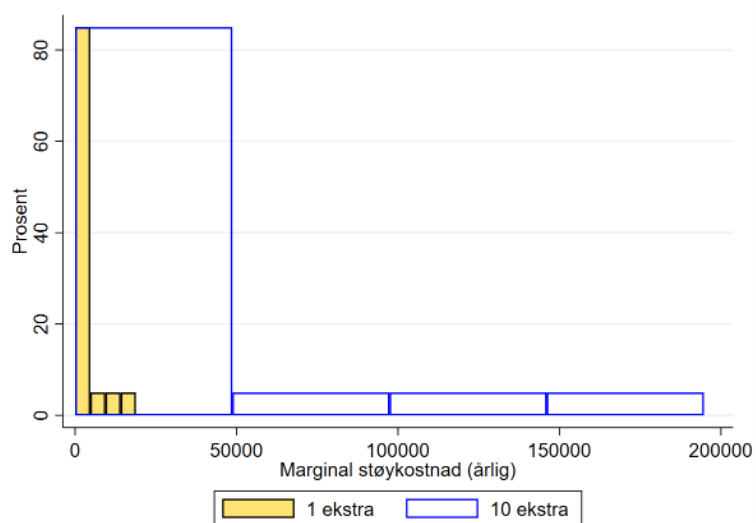
Figur 27.10: Histogram over støyendringer per adresse ved Tromsø lufthavn Langnes, etter tid på døgnet og flytype (Panel a: Jetfly; Panel b: Turboprop)

Figur 27.11 – som visualiserer resultatene fra S1, S3, S5 og S7 ved Tromsø lufthavn Langnes – viser de mest sentrale trekkene i beregningene av marginale støyendringer:

- i) Et marginalt jettfly gir et større støybidrag enn en marginal turboprop
- ii) Endringen i støy ved boligen er mer betydelig/rammer flere dersom trafikkøkningen kommer på natten enn på dagtid
- iii) Et flertall av boligene får beregnet marginalstøy lik 0 (og har dermed ingen endrede støykostnader knyttet til økt trafikk)

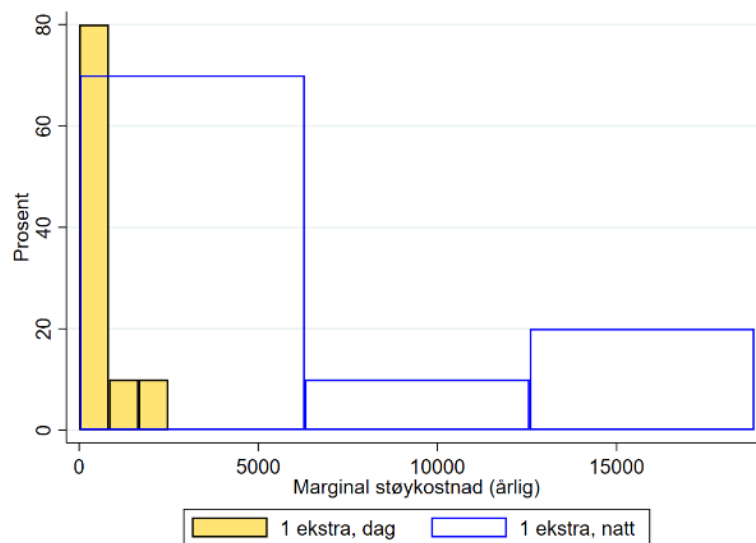
27.5.4 Marginale støykostnader

Avslutningsvis tar vi for oss de beregnede marginal støykostnadene, og hvordan disse varierer over ulike scenarier og flyplasser.



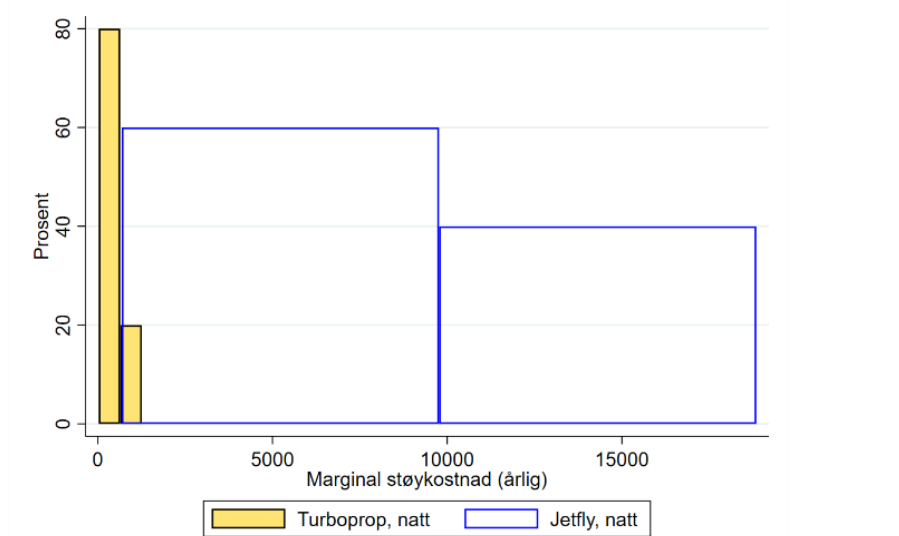
Figur 27.11: Fordelingen av årlig marginal støykostnad per adresse, etter trafikkendring.

Figur 27.12 viser fordelingen av beregnede marginalkostnader per år etter hvor stor endring i trafikkmengden (+1 eller +10 fly i døgnet) som legges inn i beregningen. Vi ser at trafikkendringen er av stor betydning for resultatene. For å sikre sammenliknbarhet med beregningene for andre transportmidler, legger vi til grunn 1 ekstra fly i døgnet i de videre beregningene.



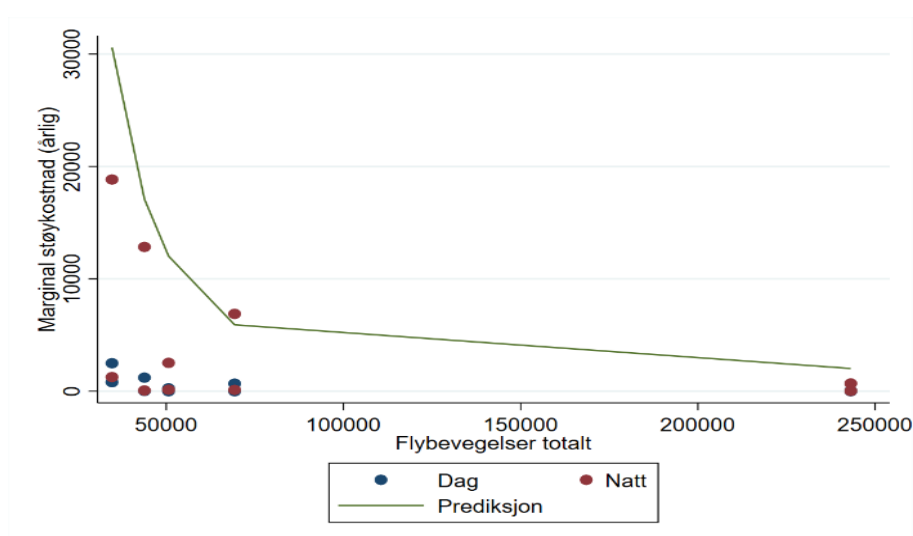
Figur 27.12: Fordelingen av årlig marginal støykostnad per adresse ved en ekstra flyavgang, etter tid på døgnet.

Figur 27.13 viser betydningen av om den ekstra flyavgangen kommer på dag eller nattestid. Støybidraget til et ekstra fly på natten blir større, både fordi trafikken generelt er lavere og fordi støy på natten vektes opp med 10dB ekstra i beregningen av L_{DEN} .



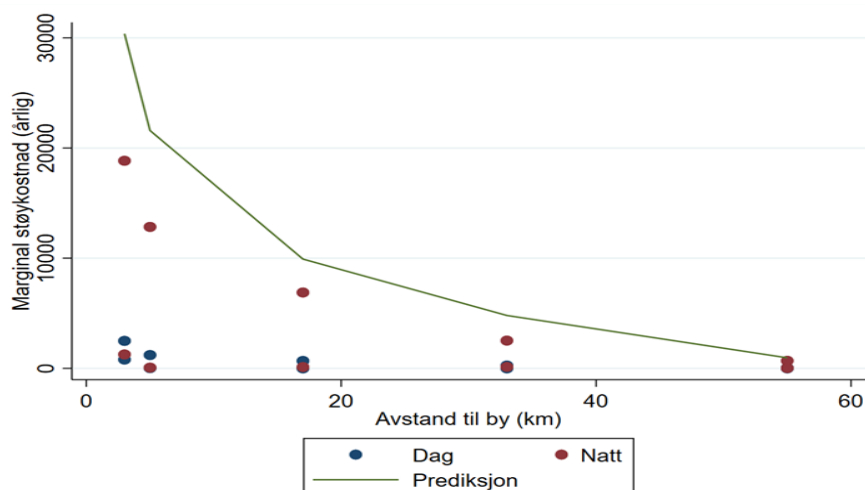
Figur 27.13: Fordelingen av årlig marginal støykostnad ved en ekstra flyavgang om natten, etter flytype.

Figur 27.14 viser årlige marginale støykostnader forbundet med en ekstra flyavgang på natten med henholdsvis turboprop og jetfly. Det fremgår tydelig at jetflyene er langt mer støyende, og dermed bidrar til større grad av støyplage enn turboprop.



Figur 27.14: Fordelingen av årlig marginal støykostnad ved en ekstra flyavgang, etter tid på døgnet og antall flybevegelser årlig

Figur 27.15 viser hvordan årlige marginale støykostnader (på dag og nattestid) varierer med antall årlige flybevegelser per flyplass. Trenden er at flyplasser med høyt trafikkvolum også bidrar til lavere marginale støykostnader. Dette kan både skyldes at et flys marginale støybidrag er avtakende med trafikkmengden, men også fordi flyplasser med stor trafikk kan være lokalisert lenger unna tettsteder: Figur 27.16 indikerer at marginale støykostnader er fallende med avstanden mellom flyplassen og nærmeste by. Figuren bekrefter også inntrykket om at ekstra flyavganger på dagtid vil være forbundet med langt lavere marginale støykostnader enn en ekstra avgang på natten.



Figur 27.15: Fordelingen av årlig marginal støykostnad ved en ekstra flyavgang, etter tid på døgnet og avstand til by

27.6 Sammenstilling og anbefalinger

Kapittel 27.5.4 ga en oversikt over beregnede årlige marginale støykostnader, dvs. totalt for 365 ekstra flyavganger i året. For å se på kostnader knyttet til den enkelte avgang, må vi dele på 365. Videre er det aktuelt å normalisere de marginale støykostnadene med hensyn på trafikkarbeid (kilometer) og transportarbeid (passasjerkilometer), noe vi gjør ved å anvende Tabell 27.2.

Tabell 27.4 viser (gjennomsnittlige) marginale støykostnader – normalisert etter per avgang, trafikkarbeid per avgang og transportarbeid per avgang – per flyplass, flytype og tid på døgnet. Disse marginalkostnadene er relevante for å vurdere skadekostnadene ved en liten endring i flytrafikken ved de aktuelle flyplassene. Tabellen viser at Sola og Langnes skiller seg ut med høyere marginale støykostnader enn øvrige flyplasser. Den viser også at kostnadene ved en marginal endring i flytrafikken med turboprop på dagtid vil gi neglisjerbare skadekostnader for de fleste flyplasser.

Tabell 27.4: Marginale støykostnader, etter flyplass, flytype og tid på døgnet.

DAG						
	TURBOPROP			JET		
	MC/avgang	MC/km	MC/paxkm	MC/avgang	MC/km	MC/paxkm
Flesland	0,000	0,000	0,000	1,839	0,123	0,001
Gardermoen	0,000	0,000	0,000	0,136	0,009	0,000
Langnes	2,195	0,146	0,005	6,831	0,455	0,004
Sola	0,066	0,004	0,000	3,311	0,221	0,002
Værnes	0,000	0,000	0,000	0,699	0,047	0,000
Total	0,452	0,030	0,001	2,563	0,171	0,001
NATT						
	TURBOPROP			JET		
	MC/avgang	MC/km	MC/paxkm	MC/avgang	MC/km	MC/paxkm
Flesland	0,325	0,022	0,001	18,866	1,258	0,010
Gardermoen	0,068	0,005	0,000	1,883	0,126	0,001
Langnes	3,457	0,230	0,009	51,629	3,442	0,026

Sola	0,186	0,012	0,000	35,175	2,345	0,018
Værnes	0,357	0,024	0,001	6,903	0,460	0,004
Total	0,878	0,059	0,002	22,891	1,526	0,012

Som for øvrige transportmidler benytter vi antall eksponerte per lokasjon til å vekte de beregnede marginale kostnadene sammen til en felles marginalkostnad til bruk i etatenes samfunnsøkonomiske analyser. Tabell 25.4 viser hvordan de vektete kostnadene fordeler seg etter tid på døgnet og flytype.

Tabell 27.5: Vektete marginale støykostnader for en ekstra flyavgang.

Tid på døgnet	Flytype	MC/avgang	MC/km	MC/paxkm
Dagtid	Jetfly	2,978	0,199	0,002
Dagtid	Turboprop	0,550	0,037	0,001
Natt	Jetfly	26,446	1,763	0,014
Natt	Turboprop	1,006	0,067	0,002

Dersom vi sammenlikner resultatene for fly i Tabell 25.4 med marginale støykostnader for andre transportmidler (normalisert til kostnader per kilometer), framstår en ekstra flykilometer å være forbundet med langt lavere støykostnader enn både en ekstra kilometer vei- og banetransport. Vi tror at en viktig forklaring for dette funnet knytter seg til problemene med datagrunnlaget som vi påpekte i kapittel 27.5.1. Vi anbefaler derfor en utbedring av datagrunnlaget og en replisering av denne studien i etatenes videre arbeider.

Referanser, Del 9, Kap. 27

- Andersson, H., Ogren, M., 2013. Charging the polluters: A pricing model for road and railway noise. *Journal of Transport Economics and Policy (JTPE)* 47, 313-333.
- Basner, M., McGuire, S., 2018. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Effects on Sleep. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 45.
doi:10.3390/ijerph15030519
- Bristow, A. L., Nellthorp, J., 2000. Transport project appraisal in the European Union, *Transport Policy*, 7, 51-60.
- BSL E 3-2: Forskrift om utforming av store flyplasser
- Gjestland T., 2017. A systematic review of the basis for WHO's new recommendation for limiting aircraft noise annoyance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 2717.
- Gjestland T., 2019. Reply to Guski, Schreckenberg, Schuemer, Brink and Stansfeld: Comment on Gjestland, T. A Systematic Review of the Basis for WHO's New Recommendation for Limiting Aircraft Noise Annoyance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16, 1105.
- Guski, R., Schreckenberg, D., Schuemer, R., 2017. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14.
doi:10.3390/ijerph14121539
- Guski R., Schreckenberg D., Schuemer R., Brink M., Stansfeld S., 2019. Comment on Gjestland, T. A systematic review of the basis for WHO's new recommendation for limiting aircraft noise annoyance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 2717.
- Magnussen, K., Navrud, S., San Martin, O. (2010). Den norske verdsettingsstudien: Verdsetting av tid, sikkerhet og miljø i transportsektoren: Støy. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Miedema, H.M.E., 2002. Position Paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Miedema, H.M.E., Oudshoorn, C.G.M., 2001. Annoyance from transportation noise: Relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environmental Health Perspectives*, 109, 409-416.
- van Kempen, E., Casas, M., Pershagen, G., Foraster, M., 2018. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardiovascular and Metabolic Effects: A Summary. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 379.

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 verrfaglig miljø med rundt 90 høyt spesialiserte forskere.

Instituttet utgir tidsskriftet Samferdsel på internett 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 transporter 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