

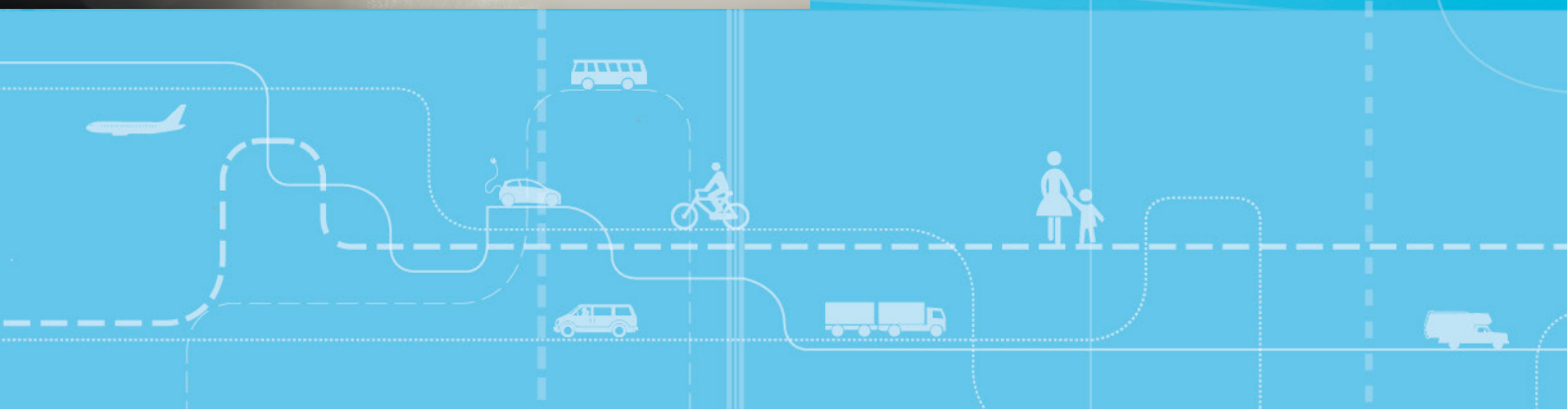
TØI rapport 1704/2019

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

tøi Transportøkonomisk institutt
Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

Eksterne skadekostnader ved transport i Norge

Estimater av marginale skadekostnader for person- og godstransport



Eksterne skadekostnader 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 skadekostnader ved transport i Norge - Estimer av marginale skadekostnader for person- og godstransport | Title: | The external costs of transport – External cost estimates for passenger and freight transport in Norway |
| Forfattere: | 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 | Authors: | 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 |
| Dato: | 12.2019 | Date: | 12.2019 |
| TØI-rapport: | 1704/2019 | TØI Report: | 1704/2019 |
| Sider: | 352 | Pages: | 352 |
| ISSN elektronisk: | 2535-5104 | ISSN electronic: | 2535-5104 |
| ISBN elektronisk: | 978-82-480-2244-2 | ISBN Electronic: | 978-82-480-2244-2 |
| Finansieringskilder: | Statens Vegvesen Jernbanedirektoratet Nye veier Kystverket Avinor | Financed by: | Norwegian Public Road Administration Norwegian Railway Directorate Nye veier AS The Norwegian Coastal Administration Avinor |
| Prosjekt: | 4645 – GODSKOST | Project: | 4645 – GODSKOST |
| Prosjektleder: | Kenneth Løvold Rødseth | Project Manager: | Kenneth Løvold Rødseth |
| Kvalitetsansvarlig: | Kjell Werner Johansen | Quality Manager: | Kjell Werner Johansen |
| Fagfelt: | Samfunnsøkonomiske analyser | Research Area: | Economic Models |
| Emneord: | Vegtransport Sjøtransport Jernbanetransport Skadekostnader | Keywords: | Road transport Sea transport Railway transport Damage costs |

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 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.

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
Gautstadalléen 21, 0349 Oslo
Telefon 22 57 38 00 - www.toi.no*

*Institute of Transport Economics
Gautstadalléen 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 skadekostnader 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 Riialand, 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 | Spredt 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 | Spredt 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 | Spredt 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 | Spredt 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, 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 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

External 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 transportforskningsinstitut 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.

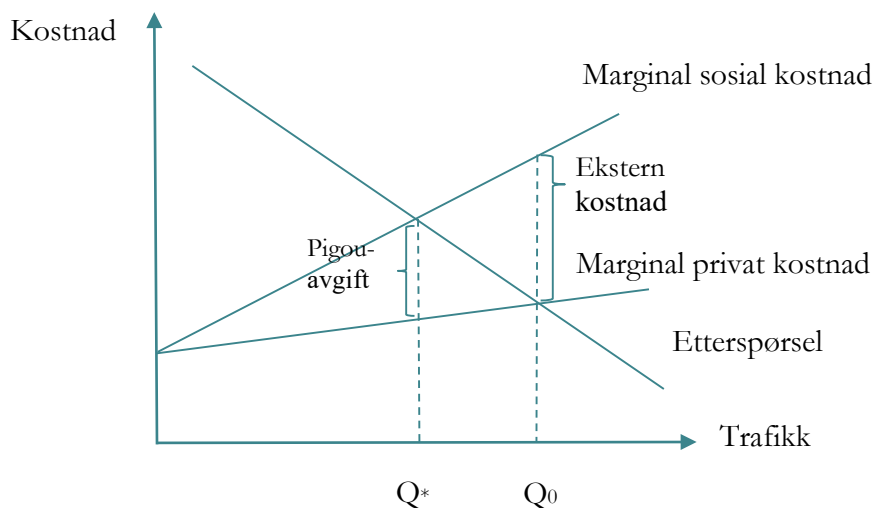
Et aspekt som skiller dette arbeidet fra tidligere arbeider om eksterne kostnader er at det er utviklet trendbaner for utslipp til luft og ulykker. Disse kan benyttes til å anslå hvordan marginale skadekostnader ved transport utvikler seg i fremtiden, noe som er spesielt relevant for samfunnsøkonomiske 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 slitasjekostnader 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 (hhv. 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 trafikken endringene 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 fremtiden 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 kjørte 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 skadestrukturer.

- Dersom myndighetene har bindende mål for innenlandske utslippsreduksjoner, bør kalkulasjonsprisene avledes fra beskrivningene 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 renskostnad 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.

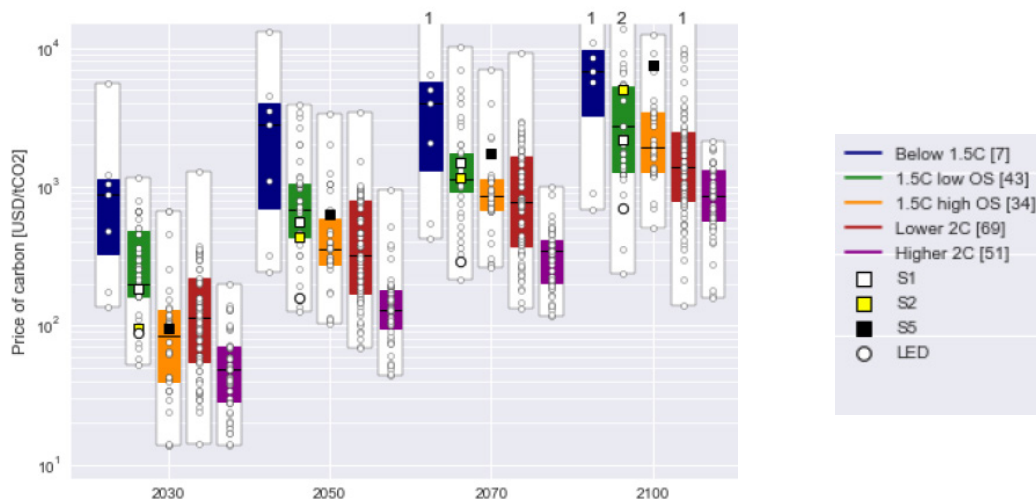
Det andre av disse punktene peker mot at det bør benyttes en karbonprisbane som nærmer seg en antatt halvannengradersbane basert på internasjonalt anerkjente modellberegninger. Vi anbefaler å bruke medianestimatene for en halvannengradersprisbane fra IPCC (2018 kap. 2.5.2.1).

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>

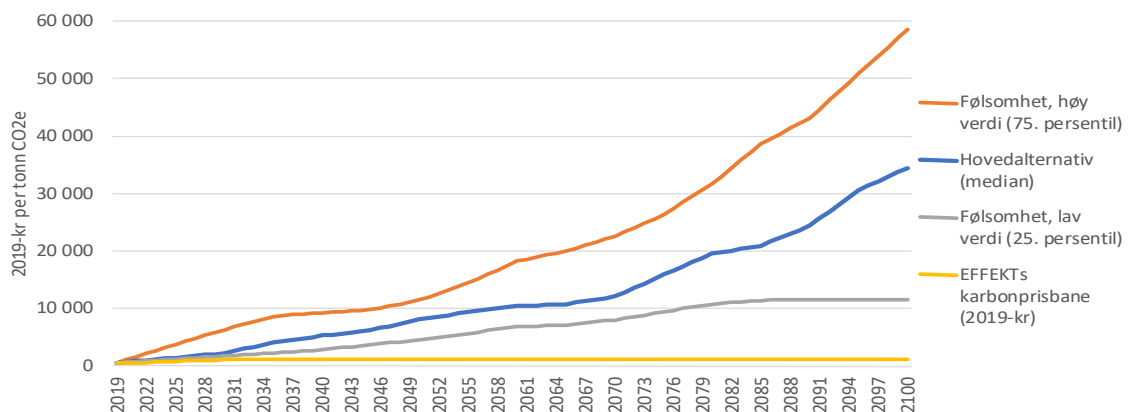
om at det i mange tilfeller vil være grunn til å gjennomføre beregninger med ulike karbonprisbaner, spesielt i analyser av prosjekter og tiltak med betydelige utslippskonsekvenser. Imidlertid anbefaler vi medianverdiene for 1.5°C-scenarier med ingen eller begrenset overskridelse av 1.5°C gjengitt i IPCC (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 tilråding. 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.

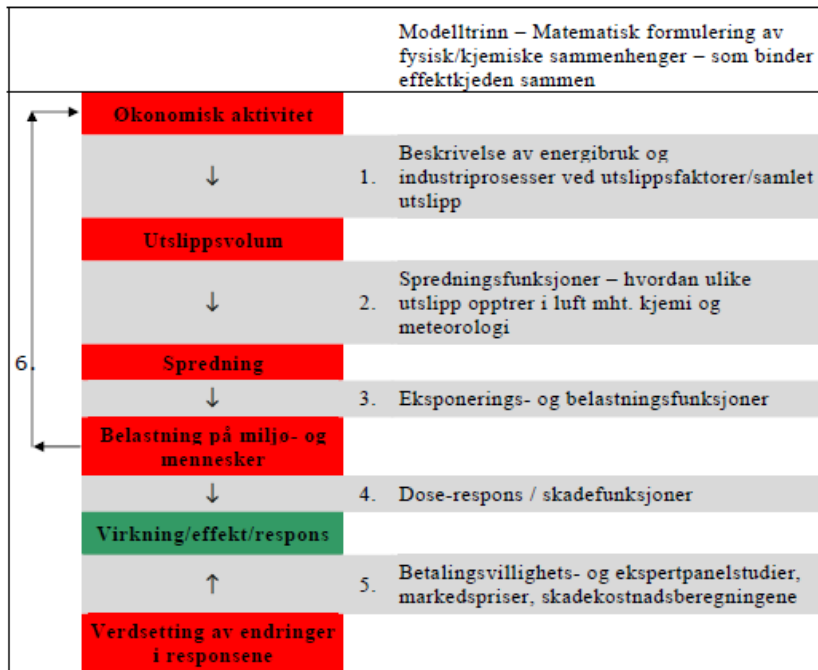
5.2 Enhetspriser på lokale utslipp

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 |
| Skatte-kostnad for endring i liggedøgns-kostnader for offentlig sektor | 0,5 |
| Verdien av årlige tapte timeverk som følge av uførhet som følge av KOLS | 2 |
| Skatte-kostnader 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 |
| Skatte-kostnad 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 |
| Skatekostnad 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 miljøskader 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 skadekostnader 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 skadekostnadene 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 skadekostnader 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. Skadekostnaden 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 skadekostnader 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 skadekostnadstall 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.

| 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

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, bremseser 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 / km | gPM/km | gSO ₂ /km | gPM ₁₀ /km fra dekk, bremseser 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 eksempelne, 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

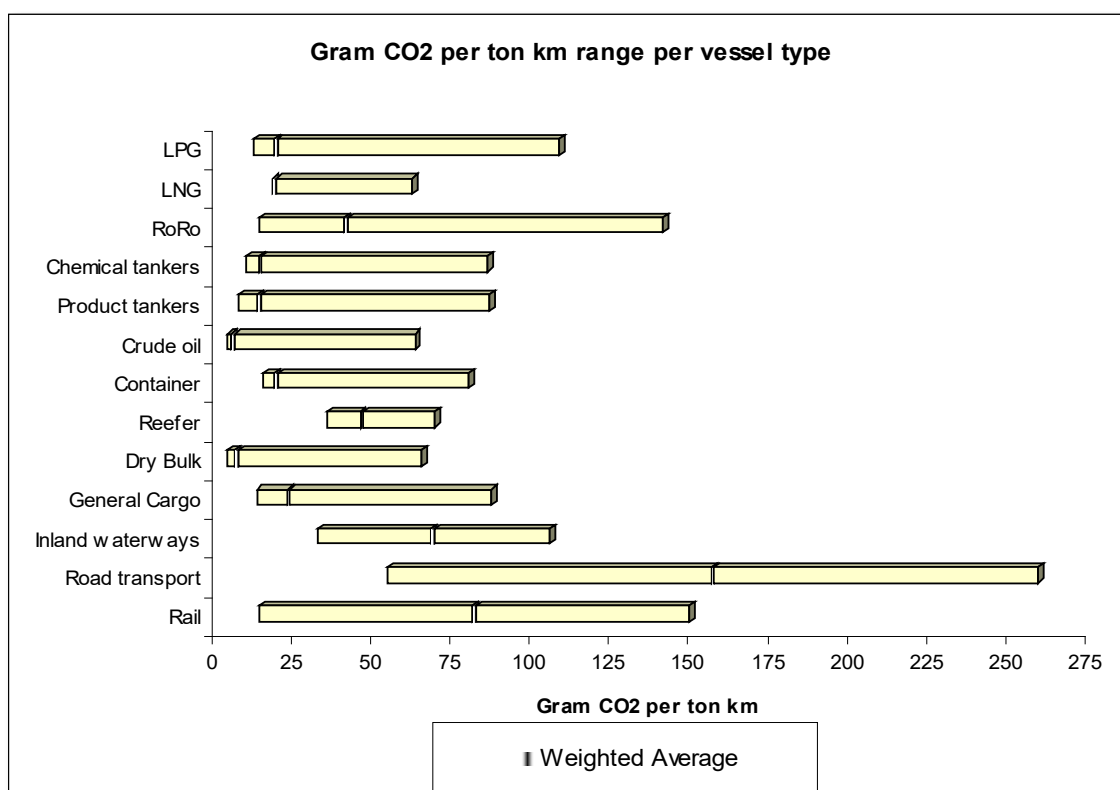
- Direktoratet for Økonomistyring. (2018). *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser*. Oslo Retrieved from <https://dfo.no/filer/Fagomr%C3%A5der/Utreddinger/Veileder-i-samfunnsokonomiske-analyser.pdf>.
- Edwards, R., Larivé, J., Rickeard, D., & Weindorf, W. (2014). Well-to-Wheels Analysis of the Future 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

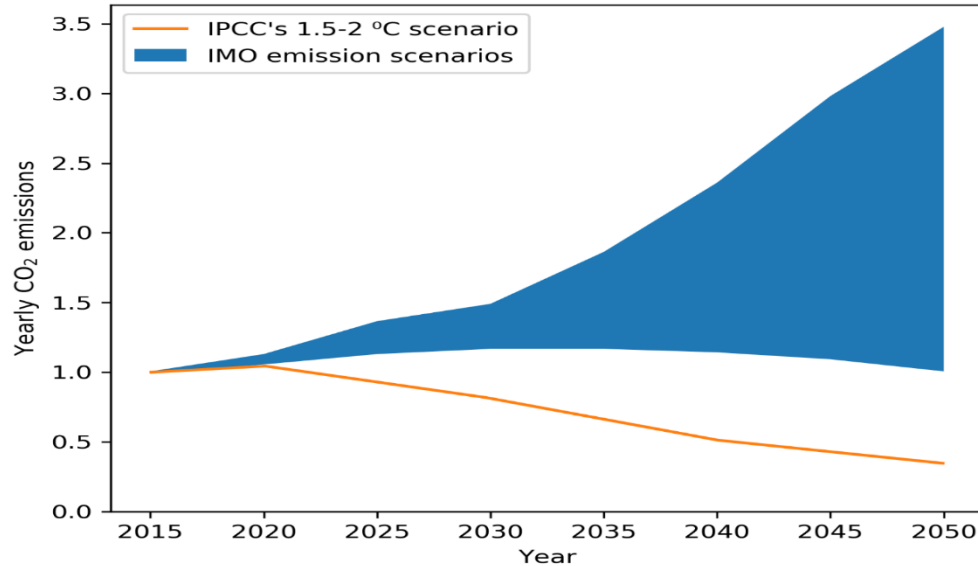
Maritime transport står for cirka 3% av verdens CO₂ utslipp, med rund 1 milliard tonn CO₂ i 2018. Utslippsfaktor varierer med skipstype, størrelse, hastighet, osv. Figur V1.D2.1 oppsummerer CO₂ utslipp faktorer per skipstype (ulike skipsstørrelser), i tillegg til bane og vei transport.



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:

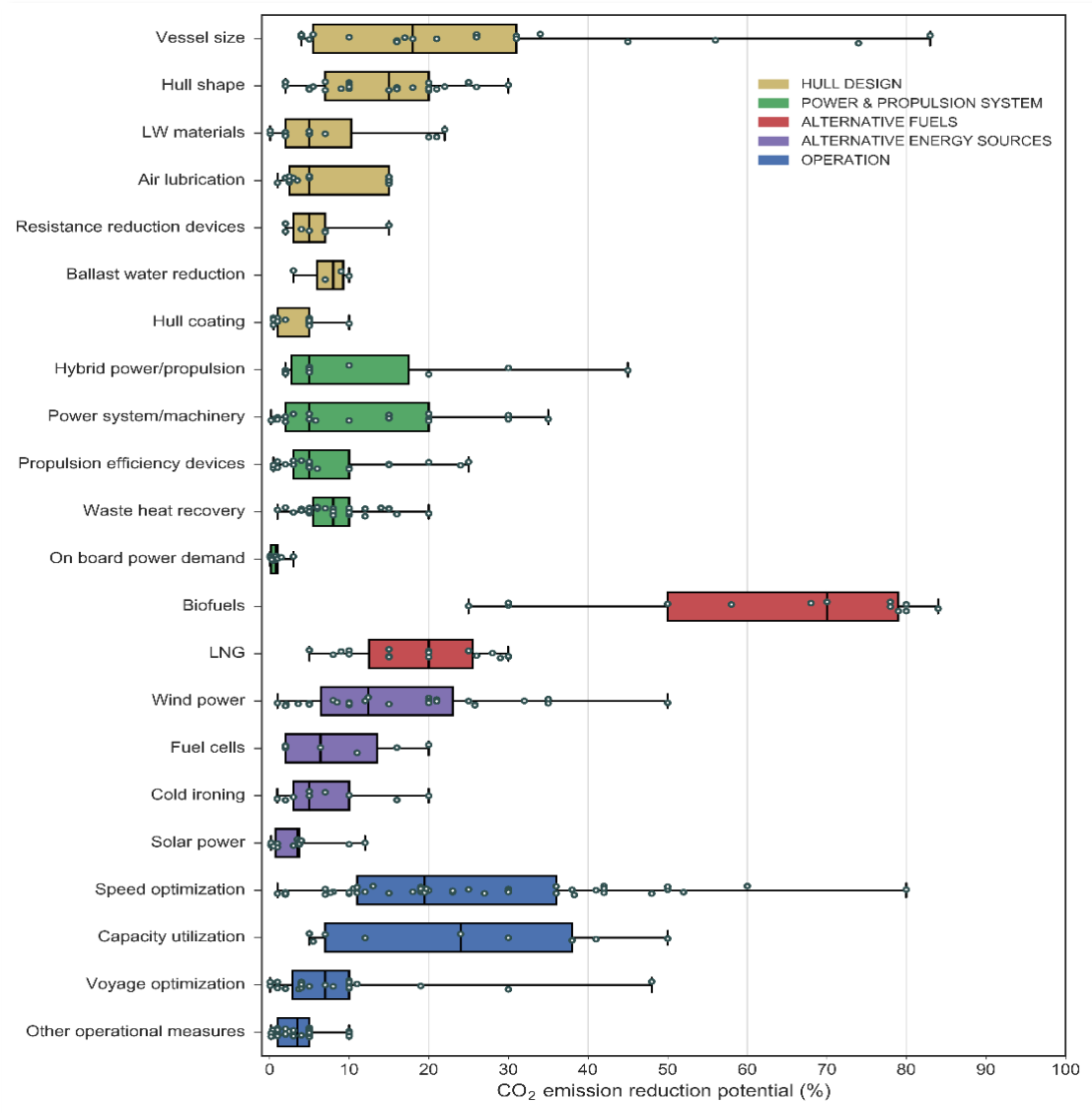
- økning i skipsstørrelse har gitt en storskalabesparelse som har bidratt til en 5.5% - reduksjon i CO₂ utslipp per tonn nautisk mil;
- Endring i flåtesammensetning og størrelse (Tørrbulk (Dry bulk) har økt sin andel av flåten og da dry bulk skip har en relativt høy død vekt) har dette bidratt til en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

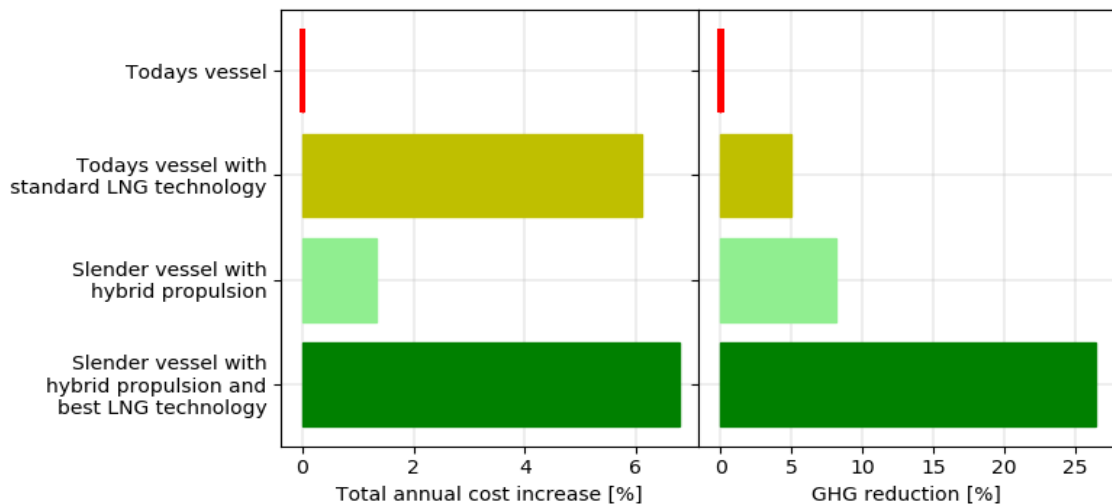
| Vessel type | Average vessel size (dwt) | | Design speed | | Operational speed | |
|----------------|---------------------------|---------|--------------|------|-------------------|------|
| | 2007 | 2012 | 2007 | 2012 | 2007 | 2012 |
| Dry Bulk | 52 500 | 68 600 | 14.1 | 14.8 | 12.2 | 11.5 |
| General 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., Riialand, 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 framskrivinger av kjøretøyparkens lokalt forurensende utslipp til luft, konkret nitrogenoksider (NO_x), avgasspartikler (PM₁₀) og svoveldioksid (SO₂). Med sikte på slike framskrivinger 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.

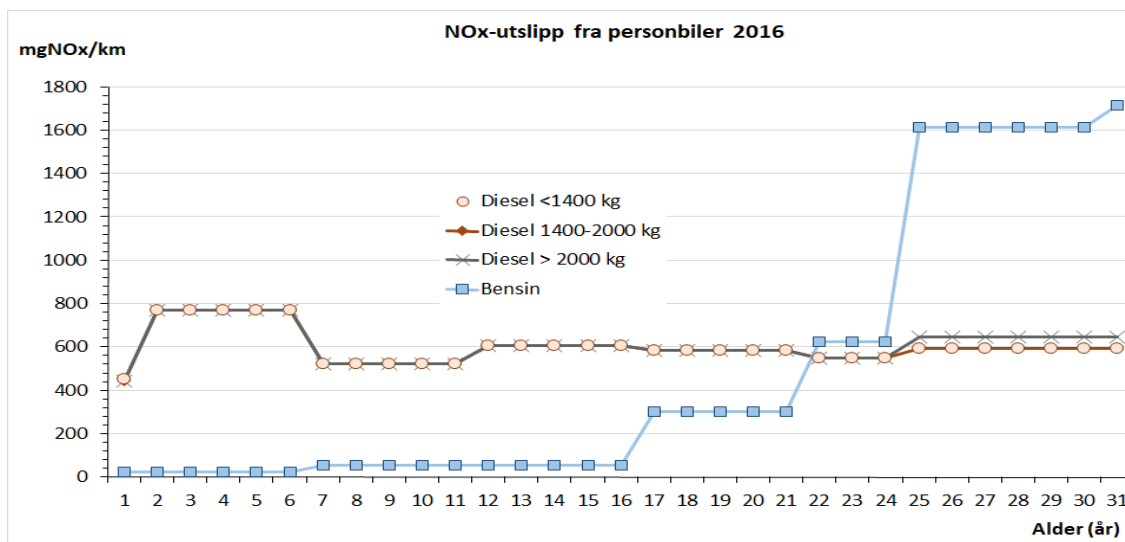
HBEFA gir anslag for trafikkarbeid og aggregert utslipp i de ulike kjøretøygrupper og Euro-klasser. Vi har 'oversatt' dette til utslippsrater i de enkelte årsklasser av kjøretøy i samsvar med når de ulike Euro-reguleringene trådte i kraft.

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)

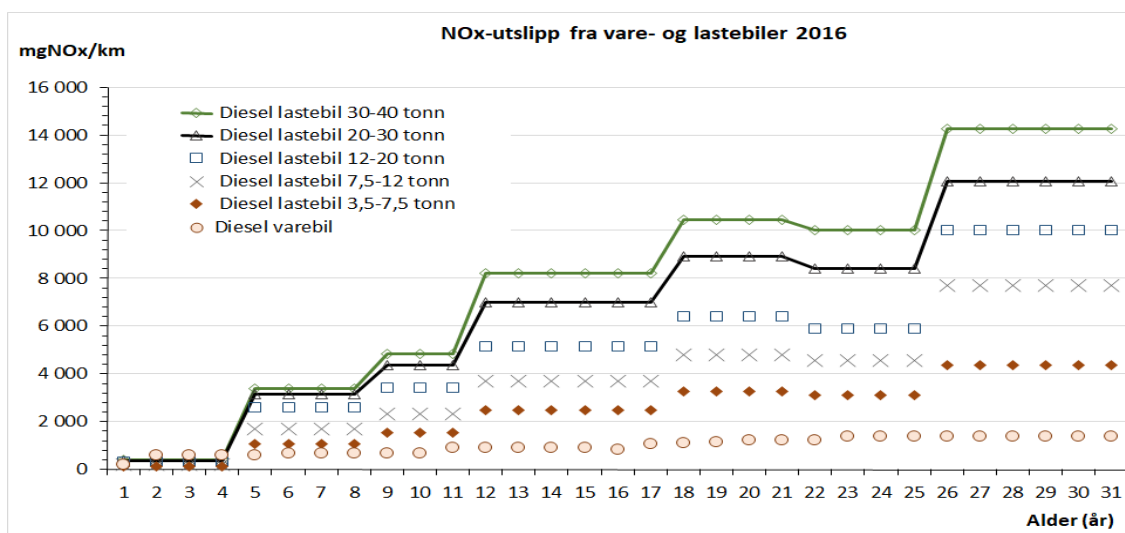
I figurene V2.D2.1 til V2.D2.4 vises utslippsratene for nitrogenoksider, i fire hovedgrupper av kjøretøy. Beregningen er gjort per 2016. Alder '1 år' gjelder kjøretøy som er førstegangsregistrert i 2016. Alder '31 år' er kjøretøy fra 1986 eller tidligere.

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.

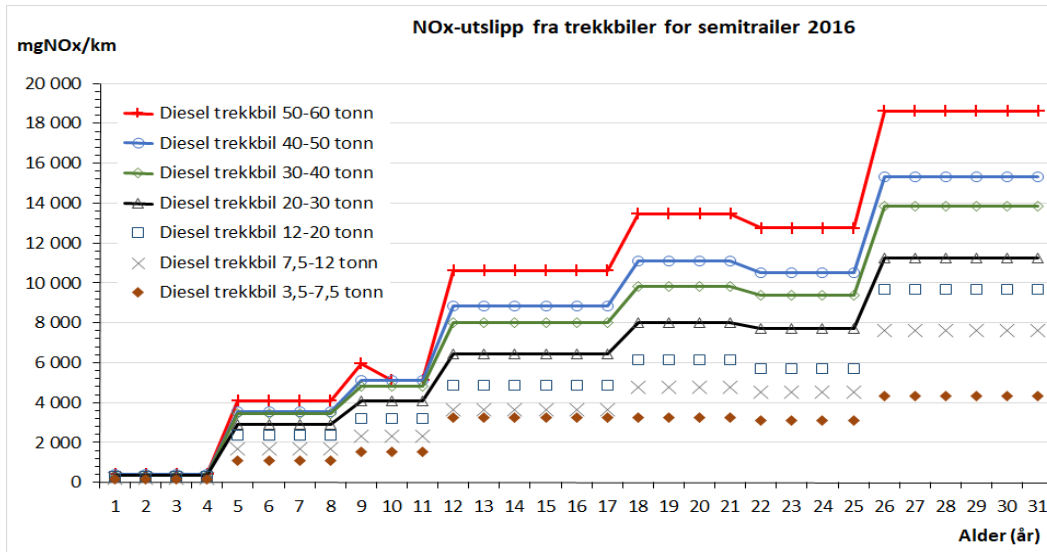


Figur V2.D2.1: NO_x-utslippsrater for personbiler 2016.

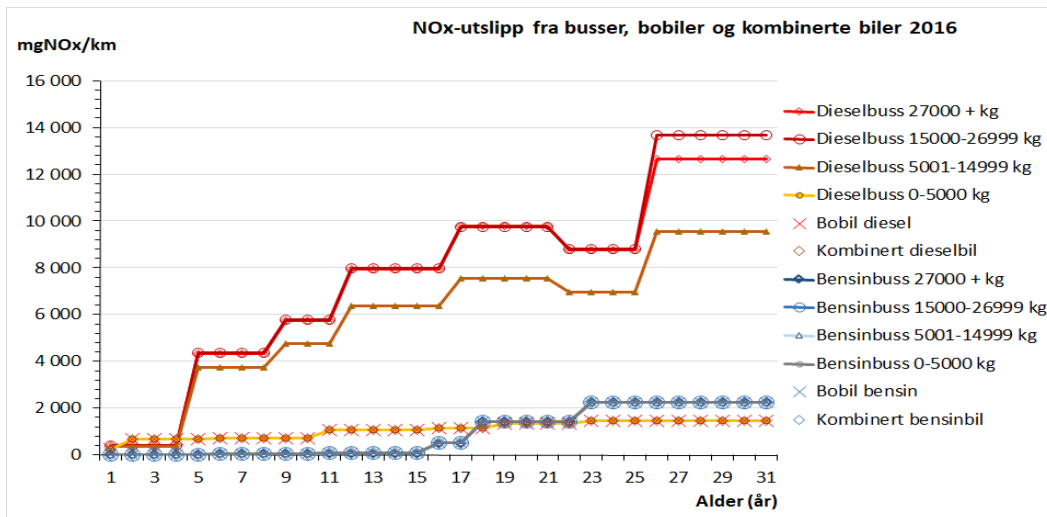
Unntaket gjelder NO_x-utslippet fra dieseldrevne personbiler. Per 2016 er det beregnede, gjennomsnittlige utslippet langt høyere enn tillatt i henhold til Euro 6-reguleringen – faktisk mer enn fem ganger så høyt. Kravet er maks 80 milligram NO_x per km (mgNO_x/km). Vi har forutsatt at utslippet synker 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.



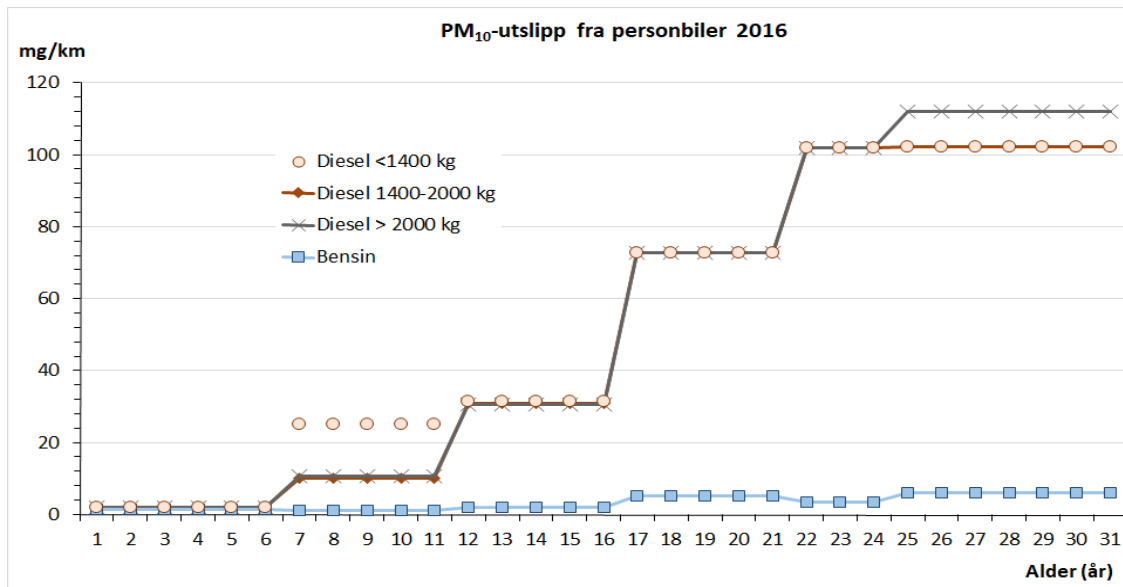
Figur V2.D2.3: NO_x-utslippsrater for trekkbiler 2016.



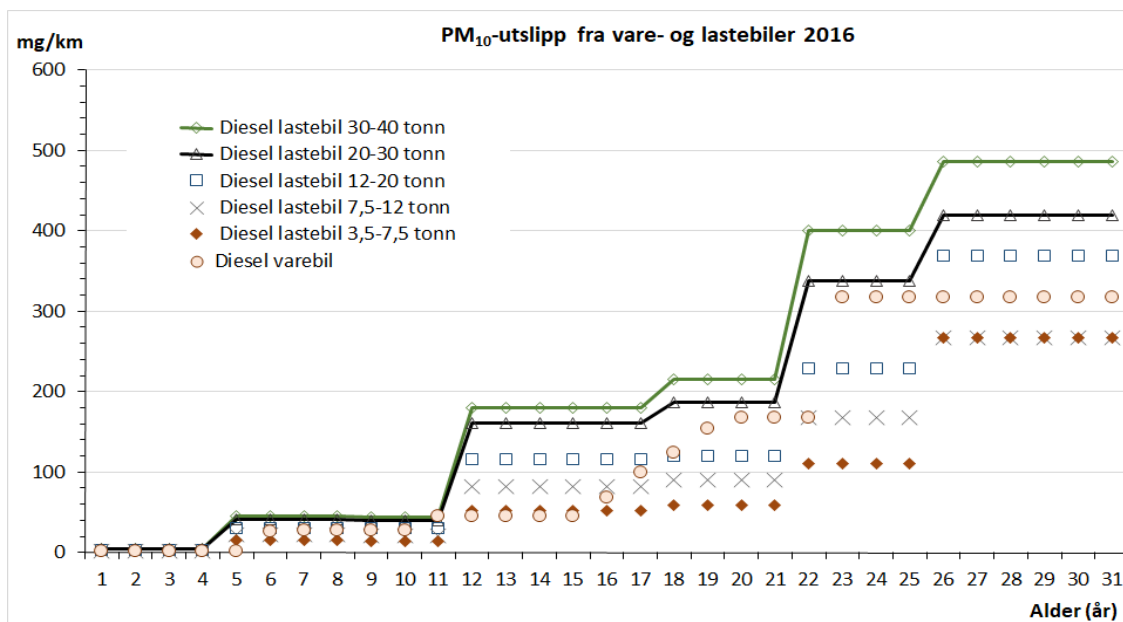
Figur V2.D2.4: NO_x-utslippsrater for busser, bobiler og kombinerte biler 2016.

V2.2.2 Avgasspartikler (PM₁₀)

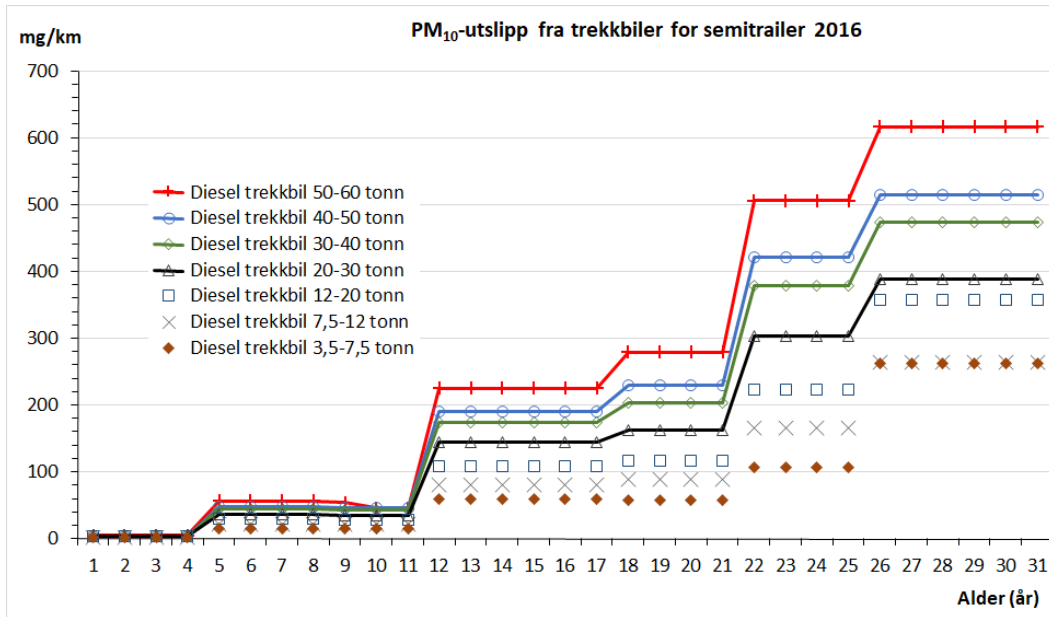
I figurene V2.D2.5 til V2.D2.8 vises de forutsatte utslippsratene for avgasspartikler.



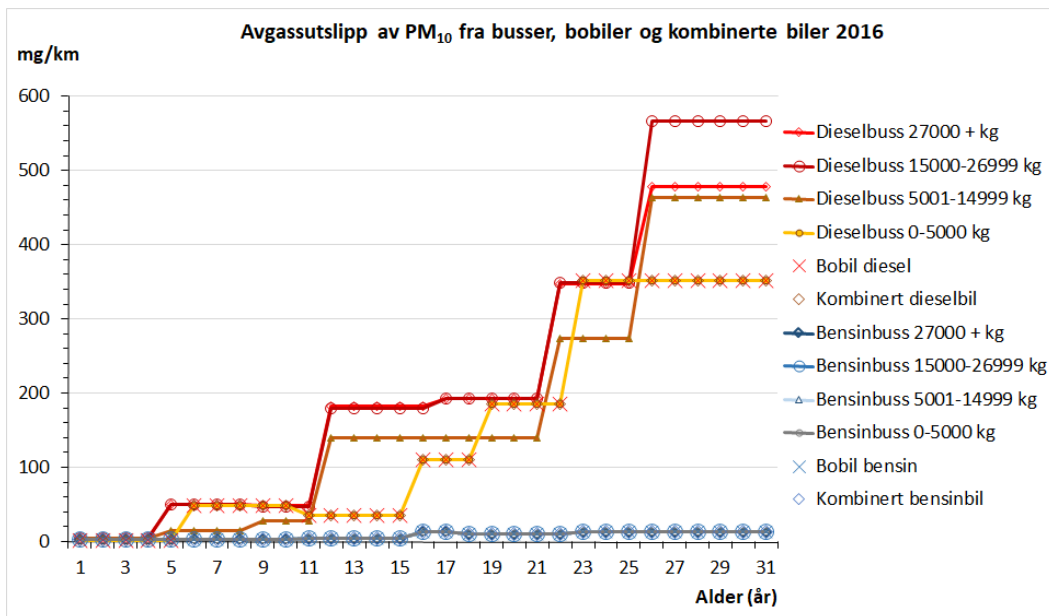
Figur V2.D2.5: PM₁₀-utslippsrater for personbiler 2016.



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



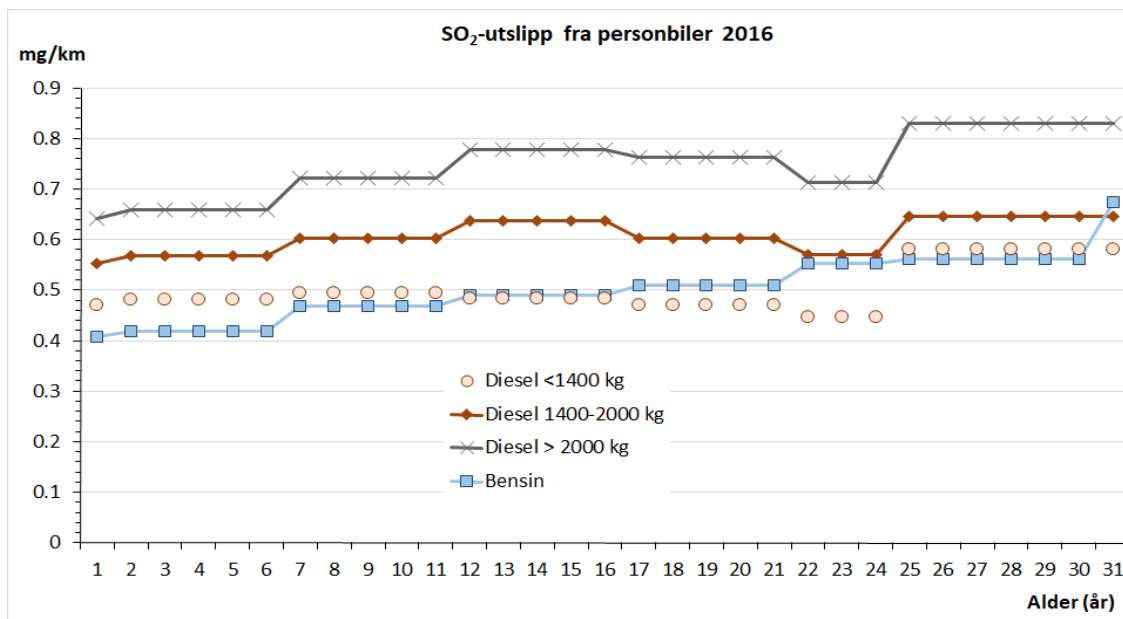
Figur V2.D2.7: PM₁₀-utslippsrater for trekkbiler 2016.



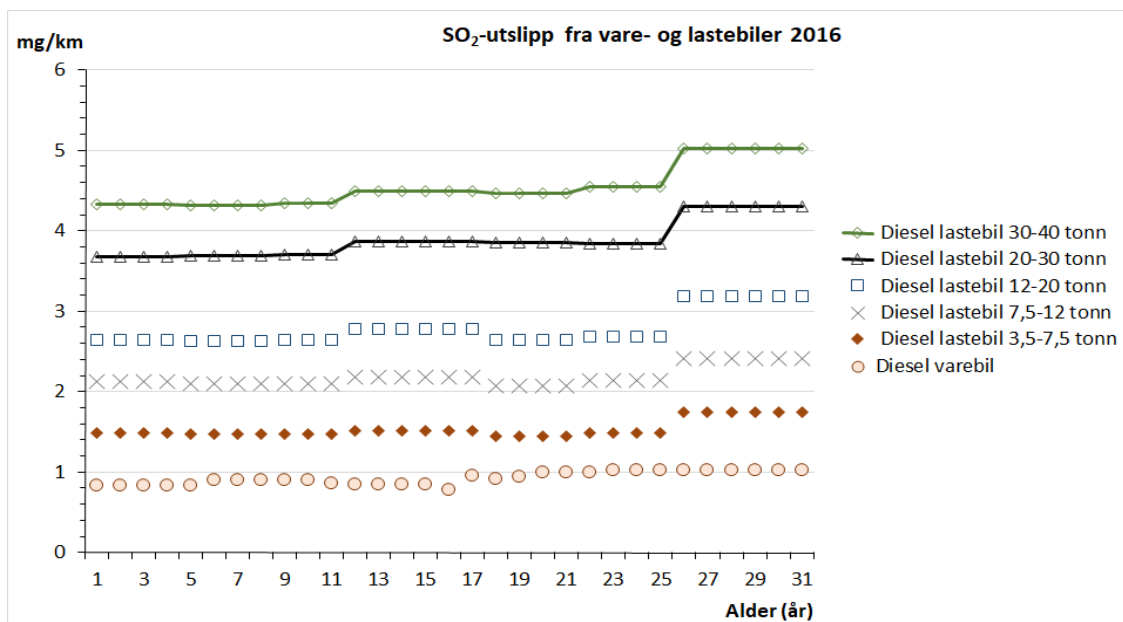
Figur V2.D2.8: PM₁₀-utslippsrater for busser, bobiler og kombinerte biler 2016.

V2.2.3 Svoveldioksid (SO₂)

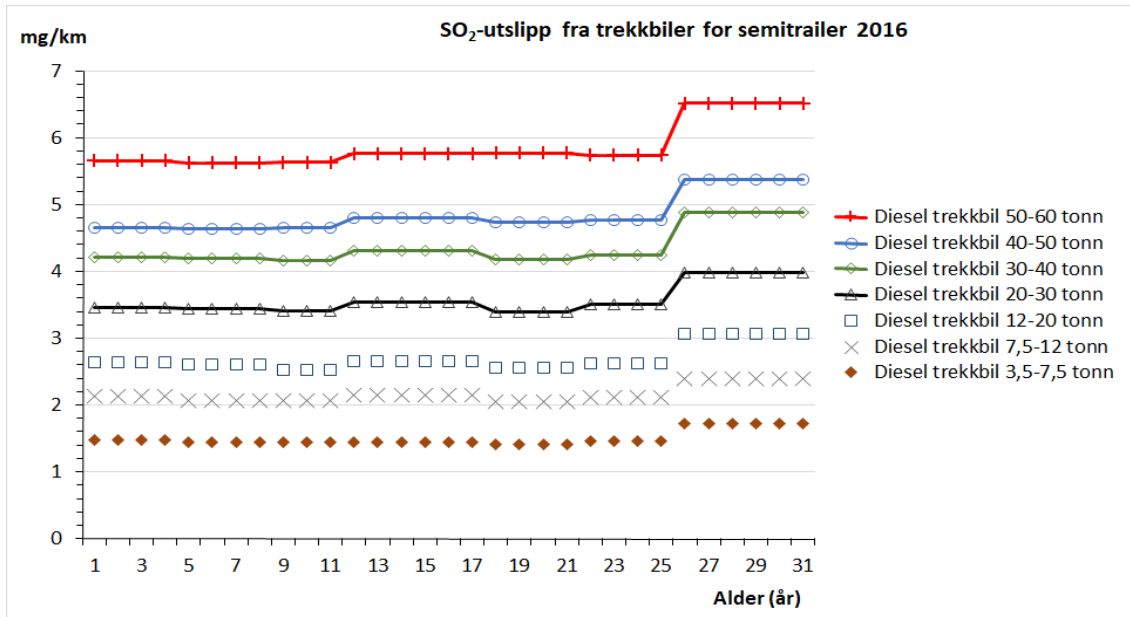
Utslippsratene for svoveldioksid er vist i figurene V2.9 til V2.12.



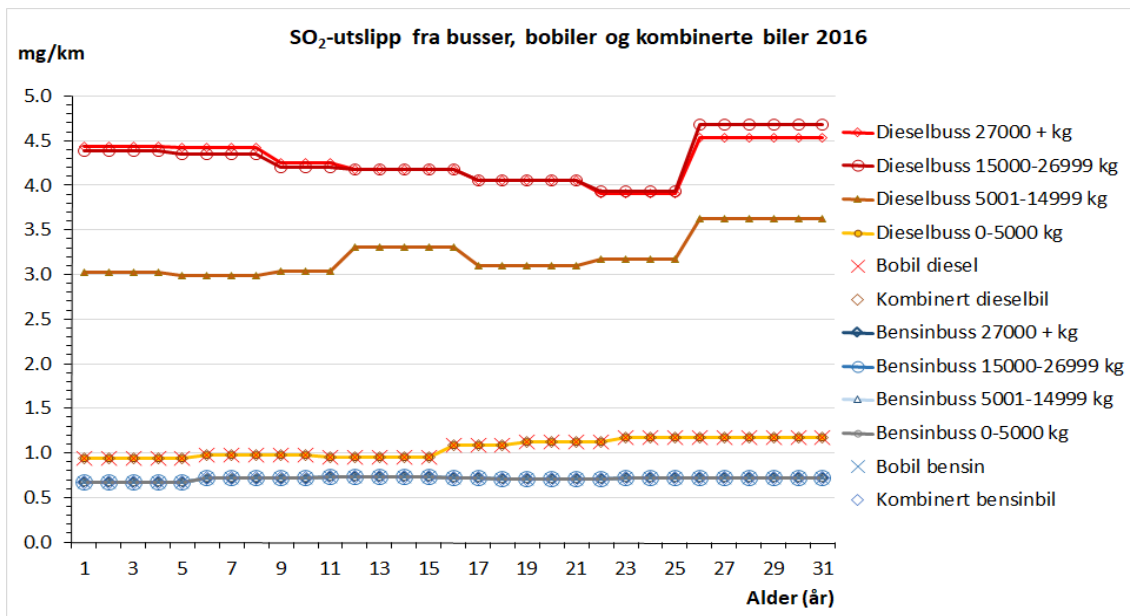
Figur V2.D2.9: SO₂-utslippsrater for personbiler 2016.



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



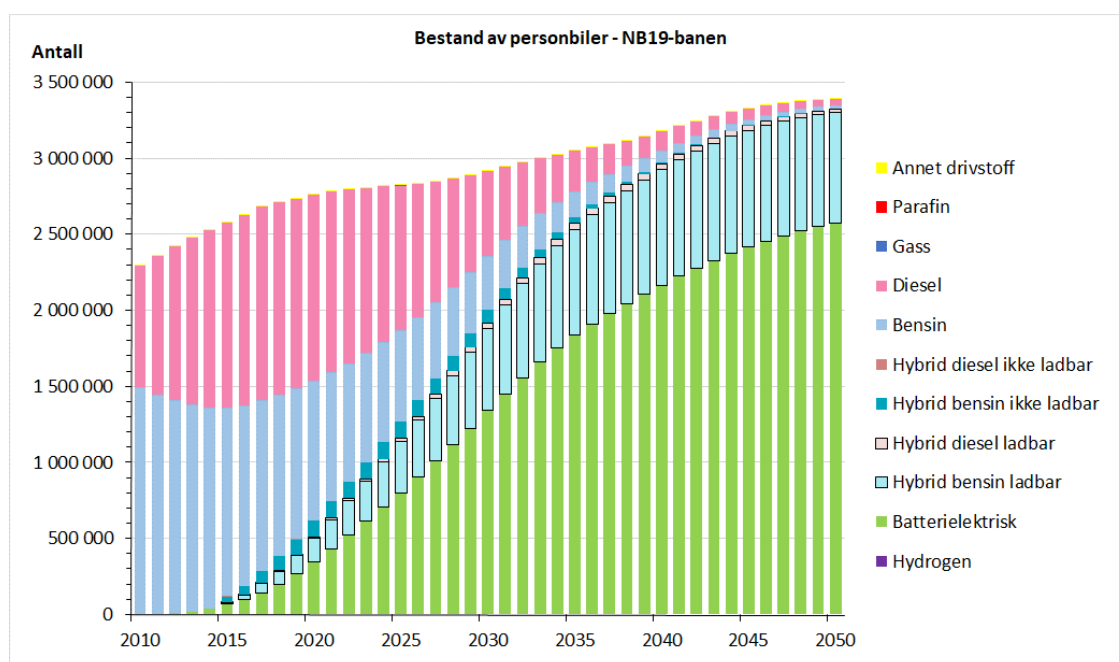
Figur V2.D2.11: SO₂-utslippsrater for trekkbiler 2016.



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

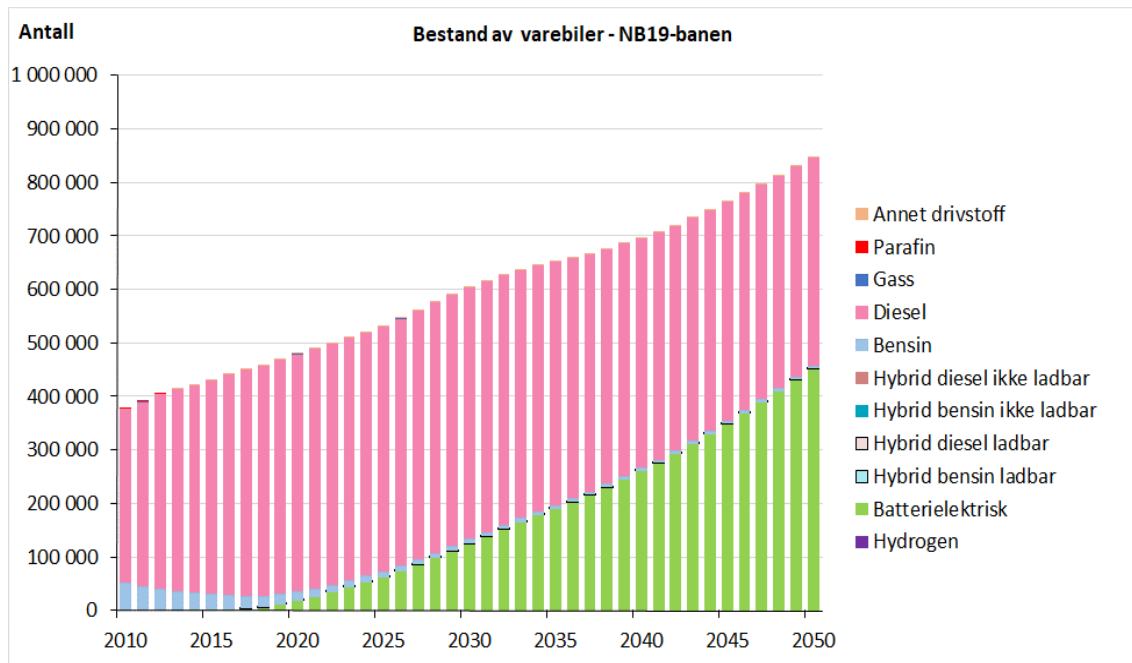
V2.3 Kjøretøybestand og trafikkarbeid mot 2050

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.

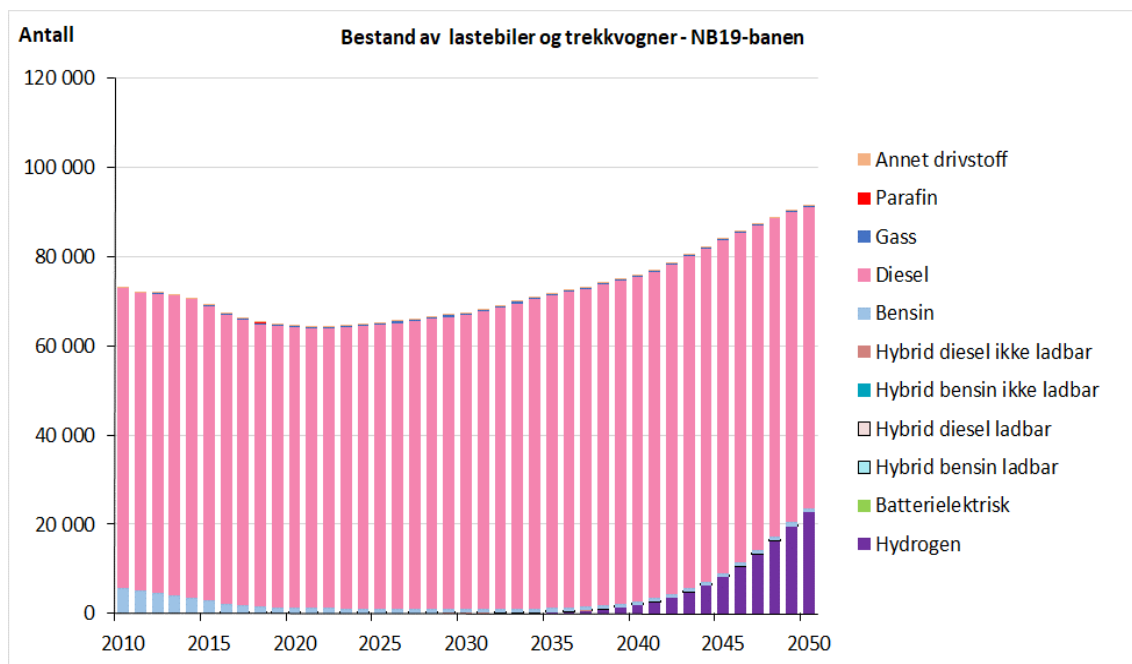


Figur V2.D2.13: Bestand av personbiler ved årsslutt 2010-2050, etter energiteknologi. Kilde: TØI-rapport 1689.

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).

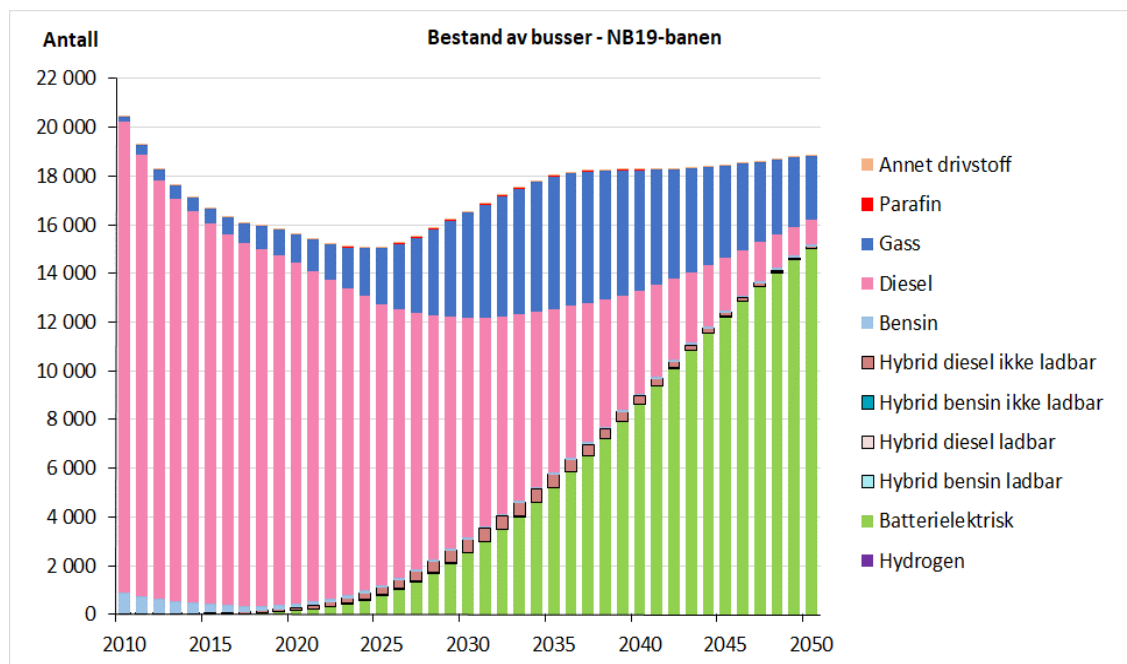


Figur V2.D2.14: Bestand av varebiler ved årsslutt 2010-2050, etter energiteknologi. Kilde: TØI-rapport 1689.



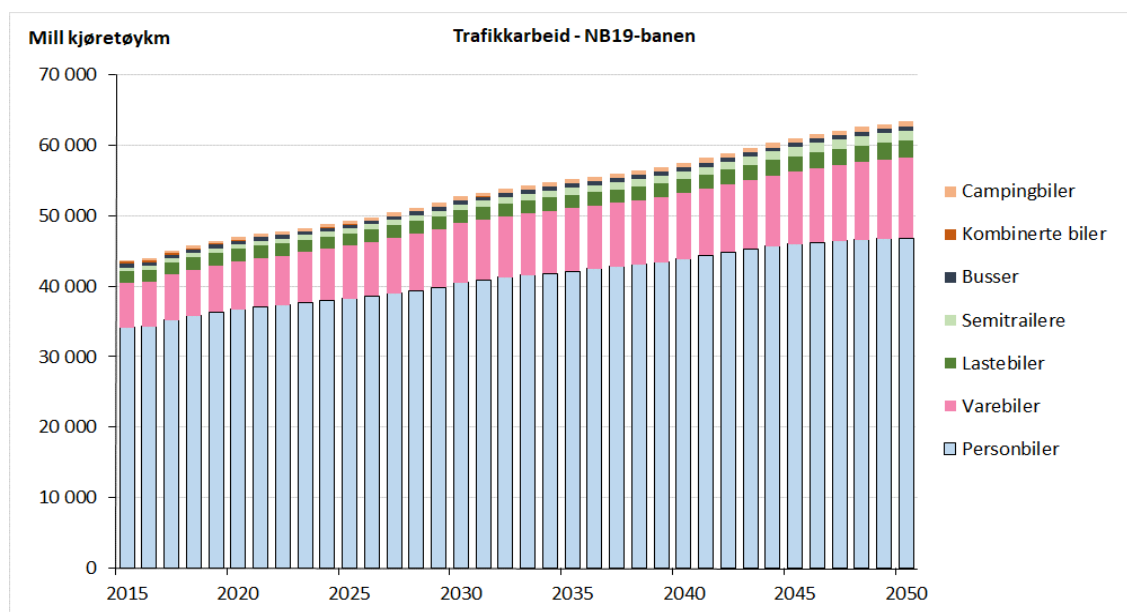
Figur V2.D2.15: Bestand av lastebiler og trekkbiler ved årsslutt 2010-2050, etter energiteknologi. Kilde: TØI-rapport 1689.

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.



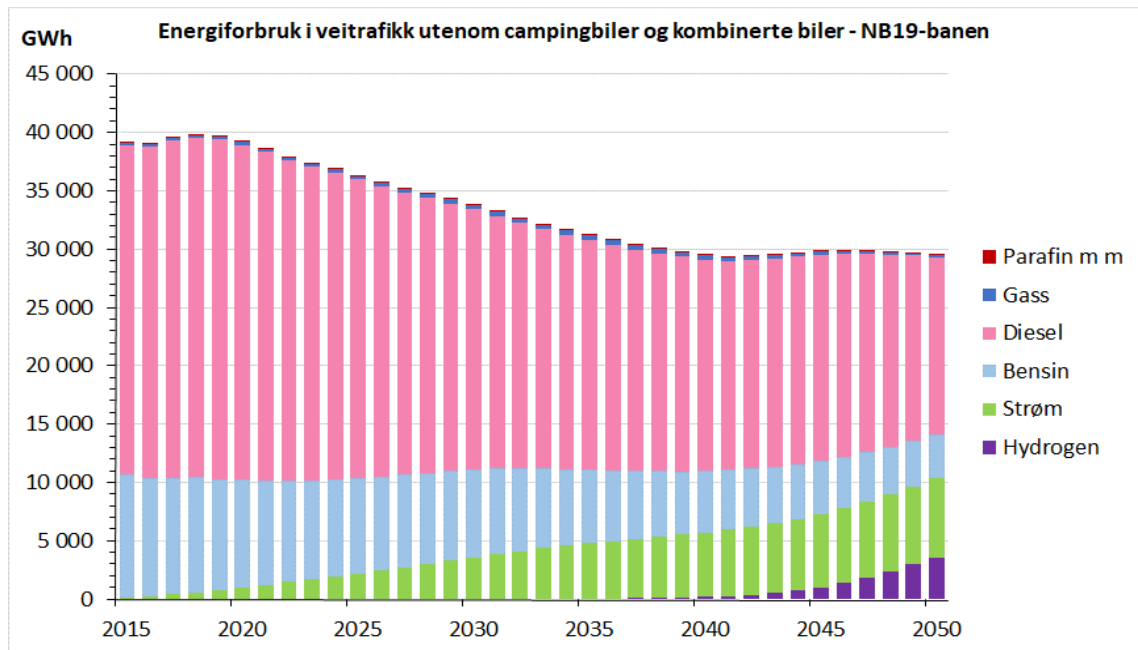
Figur V2.D2.16: Bestand av busser ved årsslutt 2010-2050, etter energiteknologi. Kilde: TØI-rapport 1689.

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.



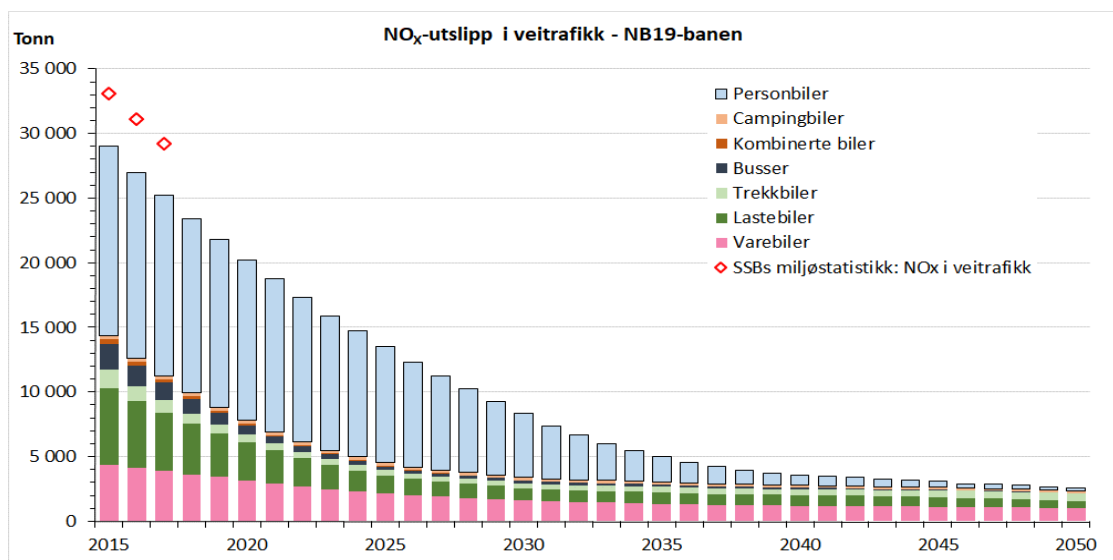
Figur V2.D2.18: Energiforbruk i veitrafikk utenom campingbiler og kombinerte biler 2015-2050, etter energibærer. Kilde: TØI-rapport 1689.

V2.4 Utslipp 2015-2050

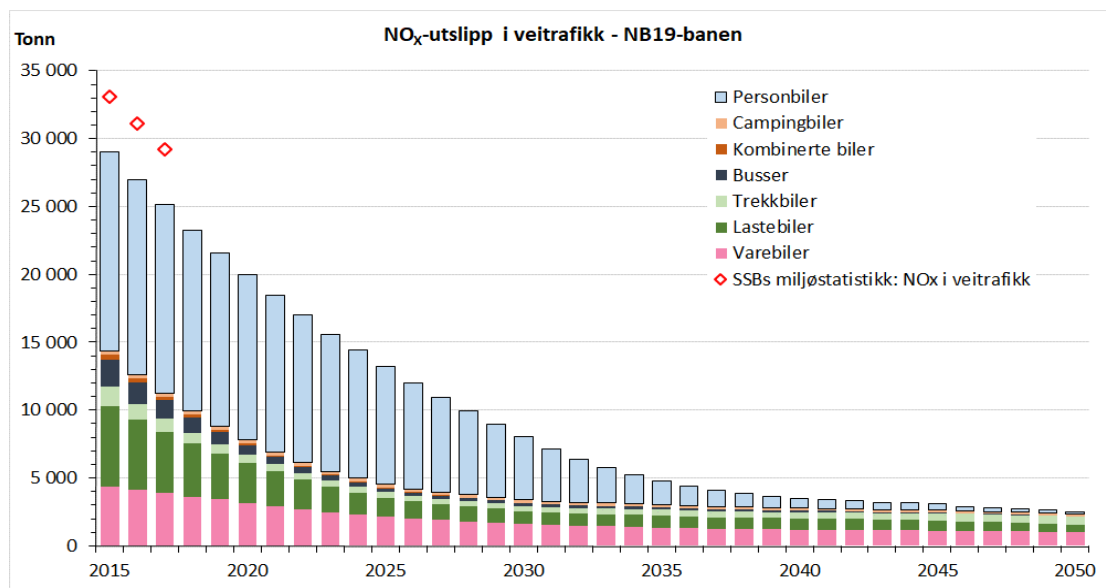
Ved å multiplisere utslippsratene med det beregnede trafikkarbeidet (antall kjøretøykm) i hver kjøretøygruppe får vi fram de samlede veitrafikkutslippene av NO_x, PM₁₀ og SO₂, henholdsvis.

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.

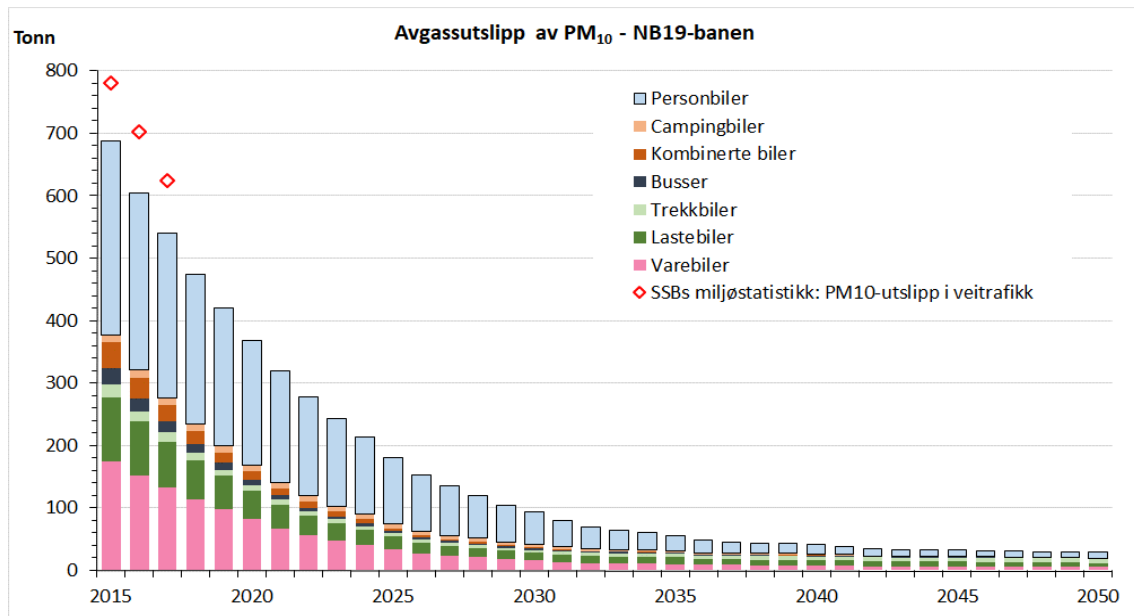
I figurene figur V2.D2.19 og figur V2.D2.20 har vi også tegnet inn det samlede NO_x-utslippet i veitrafikken, slik det framgår av Statistisk sentralbyrås miljøstatistikk. Vi ser at BIG-modellens beregninger i det minste er av samme størrelsesorden. Retningen i endringene fra 2015 til 2016 og 2017 stemmer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

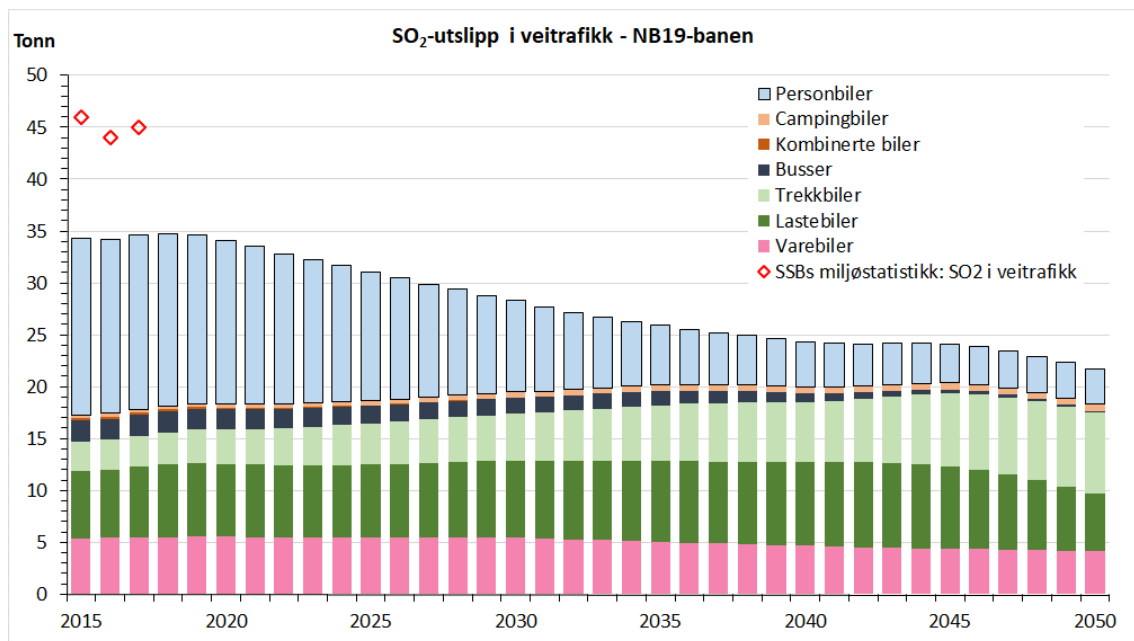
Avgassutslippene av partikler mindre enn 10 tusendels millimeter (PM₁₀) er vist i figur V2.D2.21. Utslippene beregnes å synke med 74 prosent fra 2015 til 2025 og med 86 prosent til 2030. Utslippene går ned i alle kjøretøygrupper.



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. Framskrivninger 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). Framskrivninger for godstransport i Norge 2016-2050. TØI-rapport 1555, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Madslie A, Steinsland C, Kwong C K (2017). Framskrivninger 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 | Kombinerte 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: Veitrafikkutsippet 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 | Kombinererte | |
|------|-------|-------------|-----------|------------|------------|--------|--------------|---------|
| | | | | | | | 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 | Kombinerete 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 fratrekke 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 personskadekostnadene for ulike transportmidler på veg, på bane og på sjø.

Estimeringen av de marginale eksterne personskadekostnadene 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 personskadekostnadsformelen 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 personskadekostnaden:

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

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 personskadekostnad 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 trafikkvolumesksternaliteten. 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 Bjørnshau (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 gods-biler 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 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 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 | Vogn-tog | Trikk | Tog | Bil u/vekt | Annet (vegtransport) | Ingen motpart | |
| 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 |
| Vogn-tog | 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 |
| Planovergangsulykker | - | - | 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 |
| Planovergangsulykker | - | - | - | - | - | 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 eneulykke 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 transportetatene 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 | Laste-bil | Tank-bil | 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 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|------------|--------|-------|---------|---------|---------------|----------------|----------------|---------------|-------|-----------|----------|----------|---------|-------------|----------|-------|--------|------------|---------|----------------|-----------|-------------|---------------|--------------------|---------------|--------|
| | 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 | Total |
| 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 personskadedatastatistikk.

| | 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 | Sykkkel | 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 | - |
| Sykkkel | 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 | Lastebil | Tankbil | Semi-trailer | Vogn-tog | Trikk | T-bane | Person-tog | Godstog | 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

Skadefordelingsparametere 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 å 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 skadefordelingsparametere 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 motpartisikoene 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 transportarbeidframskrivninger 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-er.

| 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 | 106 401 581 | 0,1229 | 0,0904 | 1,0969 | 26 473 089 | 0,0749 | 0,0854 | 1,0364 | 20 140 851 | 0,0333 | 0,0865 | 1,0491 | 13 050 688 |
| Varebil | 0,1170 | 0,0876 | 1,1406 | 751 203 698 | 0,0811 | 0,0607 | 0,7903 | 585 735 074 | 0,0505 | 0,0570 | 0,7430 | 455 479 193 | 0,0235 | 0,0570 | 0,7427 | 309 069 439 |
| Lastebil | 1,0124 | 0,9363 | 0,3400 | 812 737 010 | 0,6939 | 0,6418 | 0,2331 | 672 377 092 | 0,5355 | 0,6532 | 0,2372 | 648 365 992 | 0,2807 | 0,6899 | 0,2505 | 495 149 526 |
| Tankbil | 1,4764 | 1,3578 | 0,3160 | 62 215 420 | 1,0087 | 0,9277 | 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 | 407 786 075 | 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 | 324 765 184 | 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 ekstern kostnad | Fysisk eksternalitet | System- eksternalitet | Marginal ekstern kostnad | Fysisk eksternalitet | System- eksternalitet | Marginal ekstern kostnad | Fysisk eksternalitet | System- eksternalitet | Marginal ekstern kostnad |
| Fotgjenger | 0,0110 | 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 |
| Vogn tog | 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 eksterne kostnad | Fysisk eksternalitet | System- eksternalitet | Marginal eksterne kostnad | Fysisk eksternalitet | System- eksternalitet | Marginal eksterne kostnad | Fysisk eksternalitet | System- eksternalitet | Marginal eksterne 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 årsgjennsnittstrafikken (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 personskadekostnaden 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 begrensingene 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 personskadekostnader 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 personskadekostnad for lett MC og for tankbiler, blant transportmidlene på veg. På bane er det trikken som har klart høyeste marginale eksterne personskadekostnader (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 personskadekostnad 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 eksterneitet | Systemeksterneitet | Trafikkvolum-eksterneitet | Intern | Sum eksterne | Sum marginal kostnad | Total-kostnad | Sum marginal kostnad | Sum eksterne | Trafikkvolum-eksterneitet | Vektet risikoelastisitet - alt.foruts. (E) | |
|----------------|---------------------------|---|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------------|---|----------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--|---|--|------------------------|
| | kun ulykker m/motpart | kun ulykker m/motpart | kun ulykker u/motpart (n) | risiko-elastisitet (E) | $r(a+\delta) + r_0(a+\delta)$ | $(1-\theta)r(a+\delta)$ | $\theta r_0 + r_0 c$ | $\frac{E r(a+\delta)}{+ E_0 r_0(a+\delta)}$ | $\theta r_0 + r_0 c$ | $(1-\theta+E) r_0 a + (1+E) r_0 c$ | $(1+E) r(a+\delta) + (1+E_0) r_0 c$ | $r(a+\delta) \times \text{km}$ | $(1+E) r(a+\delta) + (1+E_0) r_0 c$ | $\frac{(1-\theta+E) r_0 a}{+(1+E) r_0 c} + \frac{(1+E_0) r_0 c}{+(1+E_0) r_0 c}$ | $\frac{E r(a+\delta)}{+ E_0 r_0(a+\delta)}$ | 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 |
| Sykkel | 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 | Gjennomsnittskostnad | 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) | $r(a+\vartheta) + r_0(a+\vartheta)$ | $(1-\theta)r(a+\vartheta)$ | $\theta r_0 + r_{0c}$ | $E r(a+\vartheta) + E_0 r_0(a+\vartheta)$ | $\theta n r + r_{0d}$ | $(1-\theta+E)n r + (1+E)r_0 + (1+E_0)r_{0c}$ | $(1+E)r(a+\vartheta) + (1+E_0)r_0(a+\vartheta)$ | $r(a+\vartheta) \times km$ | $(1+E)r(a+\vartheta) + (1+E_0)r_0(a+\vartheta)$ | $(1-\theta+E)n r + (1+E)r_0 + (1+E_0)r_{0c}$ | $E r(a+\vartheta) + E_0 r_0(a+\vartheta)$ | 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) | $r(a+\hat{c}) + n_c(a+\hat{c})$ | $(1-\theta)r(a+\hat{c})$ | $\theta n_c + r n_c$ | $E r(a+\hat{c}) + E_0 r_0(a+\hat{c})$ | $\theta n_u + r n_u$ | $(1-\theta+E)n_u + (1+E)r_c + (1+E_0)r_0 n_c$ | $(1+E)r(a+\hat{c}) + (1+E_0)r_0(a+\hat{c})$ | $r(a+\hat{c}) \times \text{km}$ | $(1+E)r(a+\hat{c}) + (1+E_0)r_0(a+\hat{c})$ | $(1-\theta+E)n_u + (1+E)r_c + (1+E_0)r_0 n_c$ | $E r(a+\hat{c}) + E_0 r_0(a+\hat{c})$ | 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 |
| Sykkel | 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 eksternealitet | Systemeksternealitet | Trafikkvolumeksternealitet | Intern | Sum ekstern | Sum marginal kostnad | Totalkostnad | Sum marginal kostnad | Sum ekstern | Trafikkvolumeksternealitet |
|----------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------------|--------|-------------|----------------------|---------------|----------------------|-------------|----------------------------|
| 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 vektclassene (ca. 0,55 kr/kjøretøykm), mens semitrailer brukes for vektclassen 28-40 tonn (ca. 0,37 kr/kjøretøykm) og vogntog brukes for de tyngste vektclassene (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). Personskadekostnader 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 | 2,2 |
| T-bane | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| Personvogt | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| Godstog | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Passasjerskip | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 10,1 | 10,1 | 10,1 |
| Lasteskip | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 3,6 | 3,6 | 3,6 |
| Fiskefartøy | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| Fritidsfartøy | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,7 | 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 |
| Annen vegtransport | 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 lydildene (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 skadekostnadene 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.

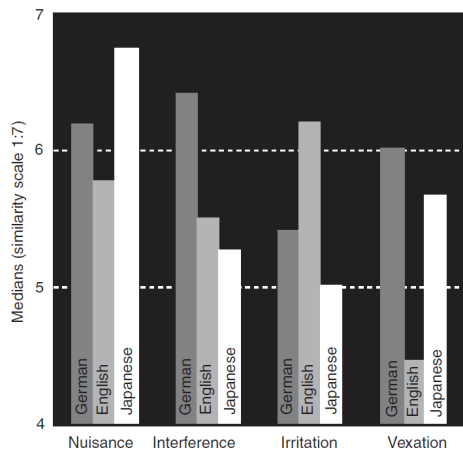


Figure 5 Median ratings by experts from three language groups of the similarity of different terms and annoyance. For all four terms, the ratings differ between language groups. With permission from Guski R, Felscher-Suhr U, and Schuemer R (1999) The concept of noise annoyance: How international experts 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, oppvekstsvilkår 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. Klossebremsesom 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 klossebremses med skivebremses, 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

- Vi finner ut hvor stor økning i støybelastningen vi får ved et ekstra kjøretøy eller togsett.
- 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

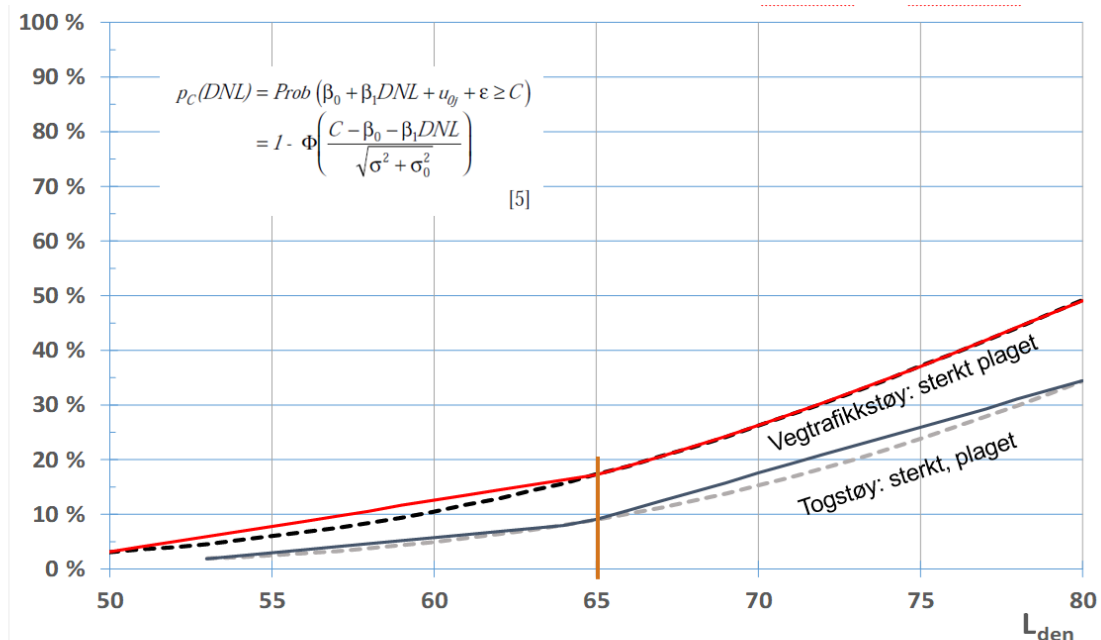
resultatene vesentlig fra de som er brukt tidligere. Ettersom vi oppfatter funksjonsformen (annengrads polygon) Guski, m.fl. bruker til å estimere virkningskurvene som feilaktig for å fange opp kurveforløpet ved typiske S-formede kurver, velger vi å holde oss til de eldre kurvene hvor den underliggende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

$$\begin{aligned}
 p_C(L_{den}) &= \text{Prob}(\beta_0 + \beta_1 L_{den} + u_{0j} + \varepsilon \geq C) \\
 &= 1 - \Phi\left(\frac{C - \beta_0 + \beta_1 L_{den}}{\sqrt{\sigma^2 + \sigma_0^2}}\right)
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

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 kutt punkt for vegtrafikkstøyplage og 53 dB som kutt punkt for togstøyplage. Det er fortsatt mange som rapporterer at de er sterkt plaget under kutt punkt-ene 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 : $0.942717\% \cdot \text{DPSP} \cdot \text{infl} =$ NOK 334

65 - 80 dB : $2.12606\% \cdot \text{DPSP} \cdot \text{infl} =$ NOK 754

Togstøy:

53 - 65 dB : $0.600263\% \cdot \text{DPSP} \cdot \text{infl} =$ NOK 213

65 - 80 dB : $1.68971\% \cdot \text{DPSP} \cdot \text{infl} =$ 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 kutt punkter.
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 |

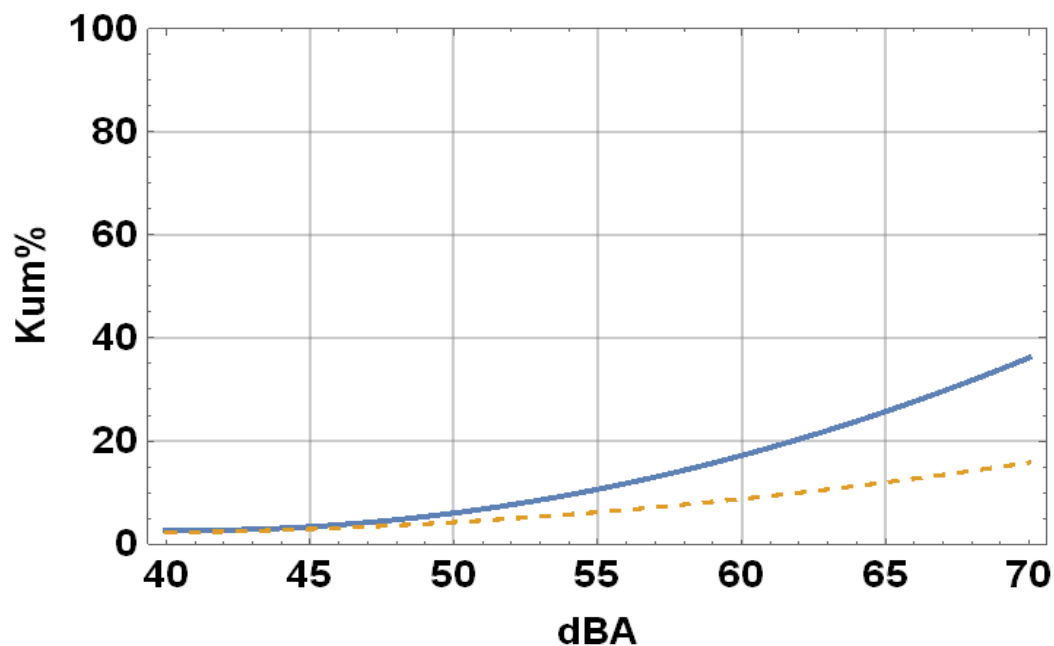
8.5.2 Virkningskurver for personer som er sterkt søvnforstyrret

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.norghelsa.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...

| Geography | | | | Gender | Cause of death | Year | Age | Measure |
|-----------|--------|-----------------------------------|--------------------------|--------|----------------|------|------|---------|
| Year | | | | 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.

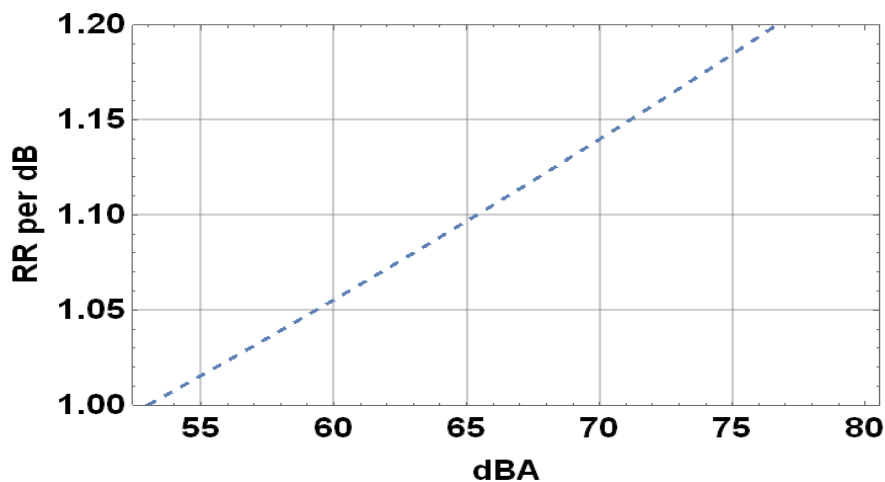
Vi finner den relative risikoen for en 1 dB endring til å være

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

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).

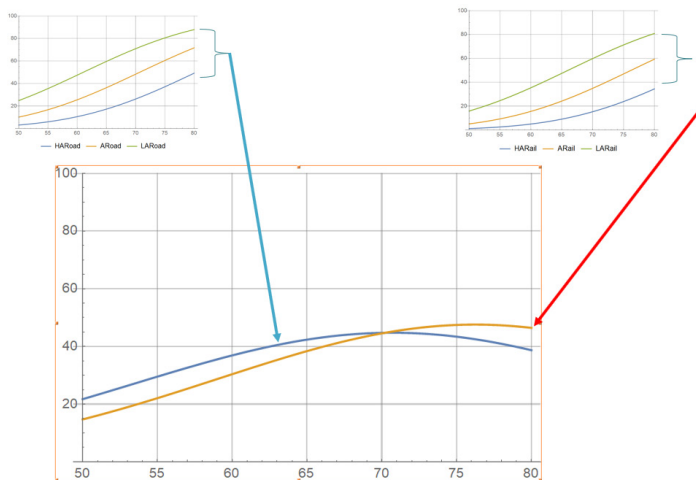
Verdsetting av støyplage

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 dBA.

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 dBA (vegtrafikk og mellom 53 og 70 dBA 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

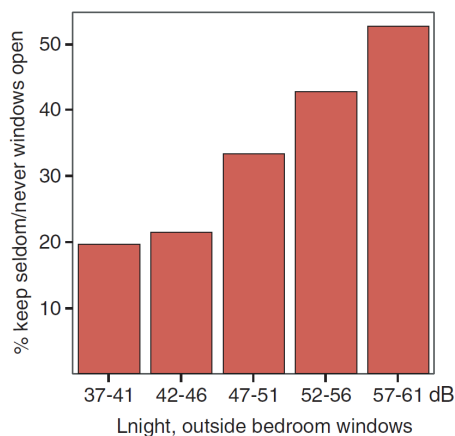
Oppjustert i hht BNP+hensyn tatt til influensområde

| | |
|-----------------|------------|
| 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 |

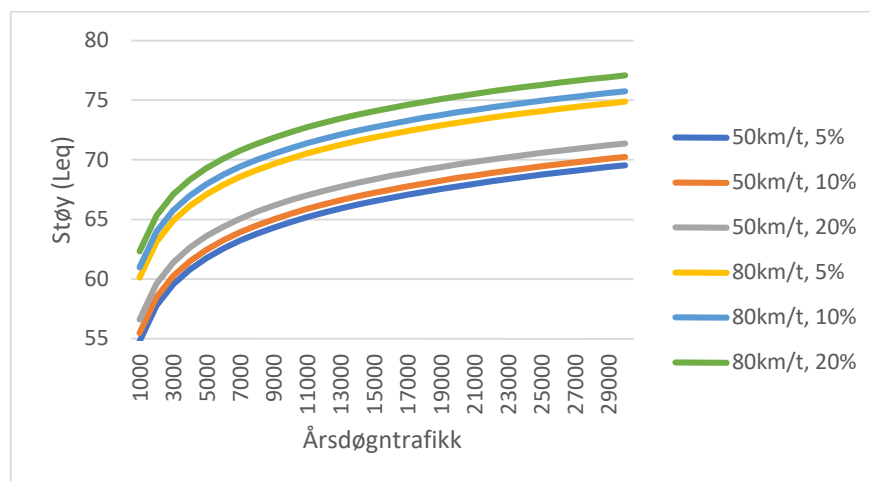
Med bakgrunn i disse enhetsprisene ønsker vi i de følgende kapitlene å

- 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 forenklede analyser.

Beregningene bygger på Statistisk sentralbyrås forenklede 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 forenklede 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 støyemisjonen 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 vegen. 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 bergningen 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 Lette biler | Marginal kostnad 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 spredbygd 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 |

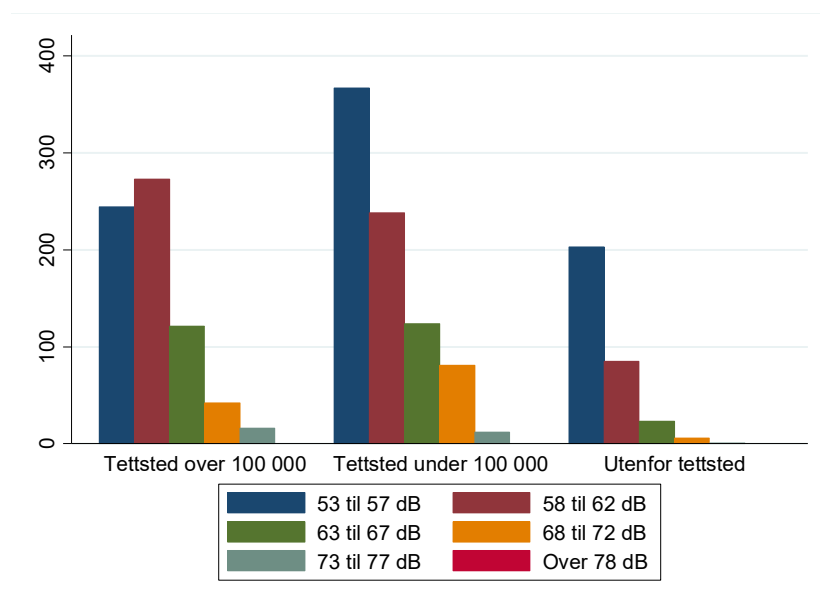
Beregning S1 i Tabell 9.4 viser at når enhetsprisene er i samme størrelsesorden som i Thune-Larsen mfl. (2014), så blir de beregnede marginalkostnadene tilnærmet identisk som i den tidligere studien. Den synliggjør at det store gapet mellom de nye og gamle beregningene drives av den kraftige endringen 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.

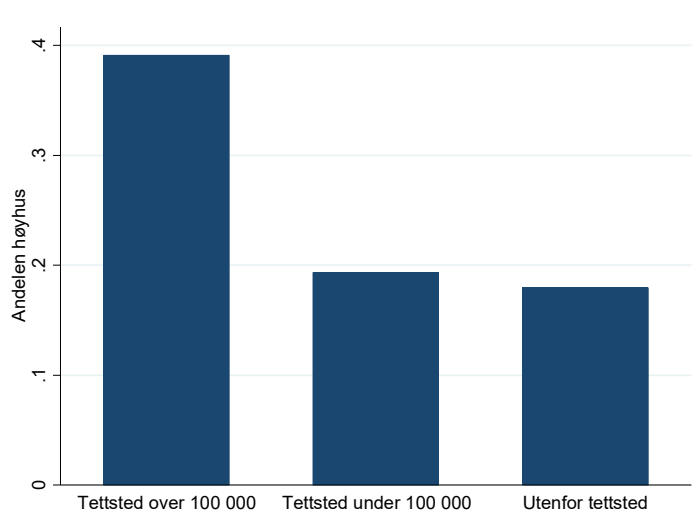
Det ville selvfølgelig vært ideelt å beregne marginale eksterne kostnader for alle lokasjoner langs hele banenettet for å kunne vurdere variasjonen i de marginale støykostnadene. Dessverre har det ikke vært mulig å gjennomføre en så omfattende analyse innenfor rammen av prosjektet. Vi har i stedet valgt 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.

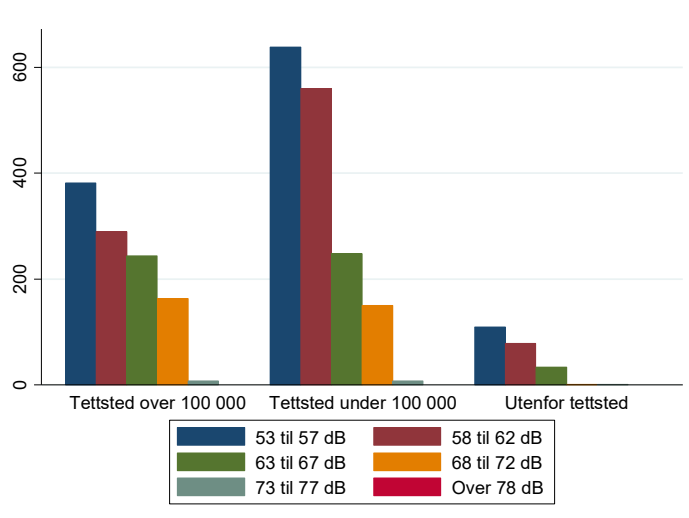
Datagrunnlaget gir også muligheten til å se fordelingen av bygningstyper.



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 oktavbånd (63Hz, 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz, 4000Hz). For hver tidspunkt (t =dag; kveld; natt), stasjonspar i , togtype j og oktavbånd 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 oktavbånd 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

- A_{63} : -26,2 dB
- A_{125} : -16,1 dB
- A_{250} : -8,6 dB
- A_{500} : -3,2 dB

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.

$$\begin{aligned} A_{1000}: & 0 \text{ dB} \\ A_{2000}: & 1,2 \text{ dB} \\ A_{4000}: & 1 \text{ dB} \end{aligned}$$

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 støy målet L_{den} :

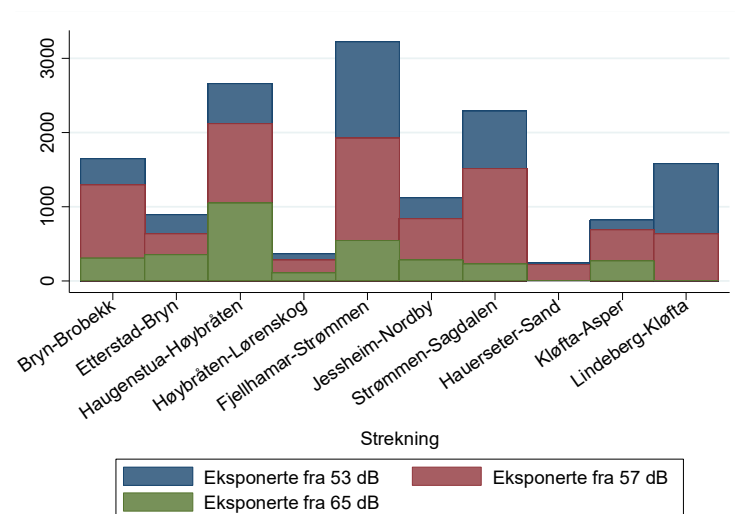
$$L_{den,i} = 10 \log \left(\frac{12}{24} 10^{\frac{L_{Aeqdag,i}}{10}} + \frac{4}{24} 10^{\frac{L_{Aeqkveld,i}+5}{10}} + \frac{12}{24} 10^{\frac{L_{Aeqnatt,i}+10}{10}} \right) \quad (14)$$

L_{den} skiller seg fra det ekvivalente støy nivået 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 årsgjennomsnittlig trafikk 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 togmeter 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 TØIs 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.

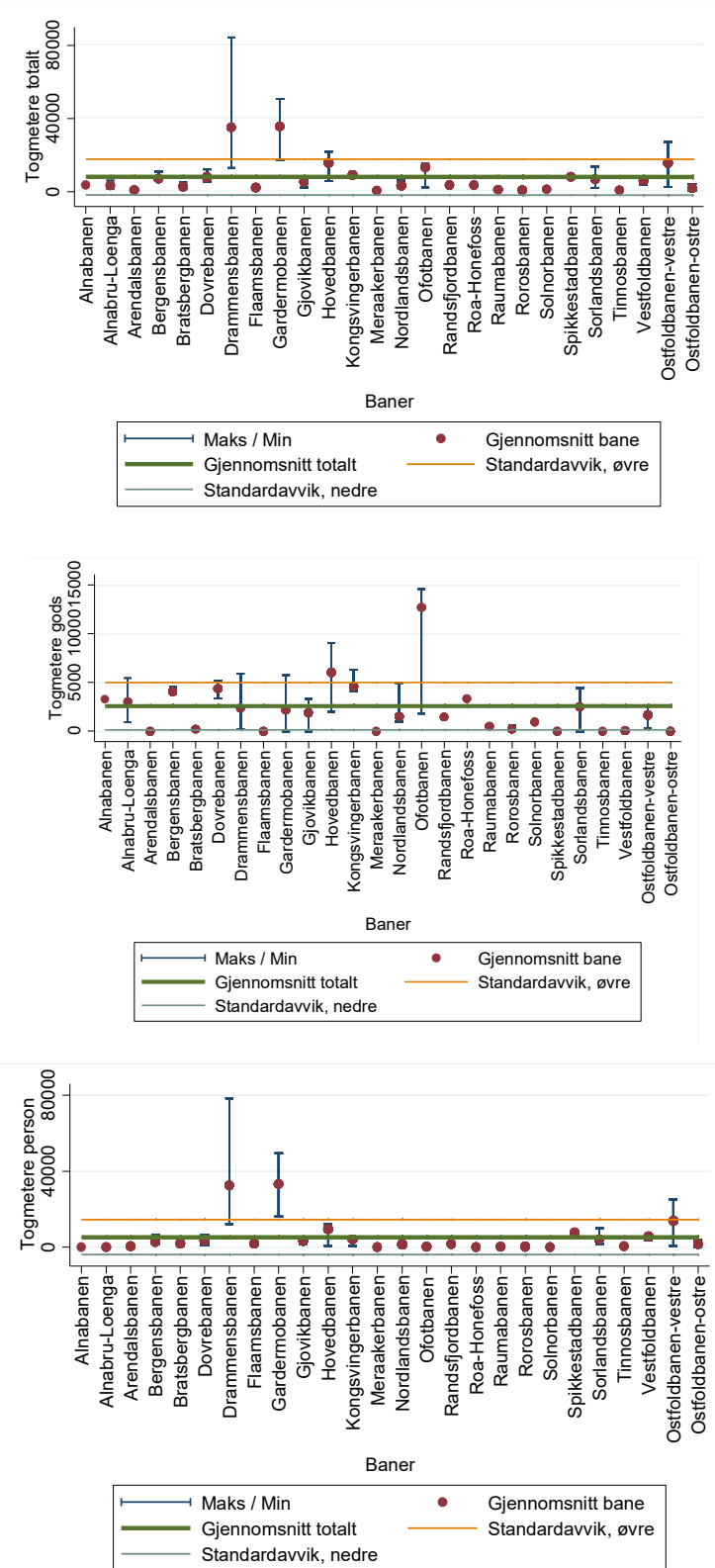
Drammensbanen har den største togtrafikken i landet målt i antall togmetere, hvorav persontrafikken er dominerende.

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).

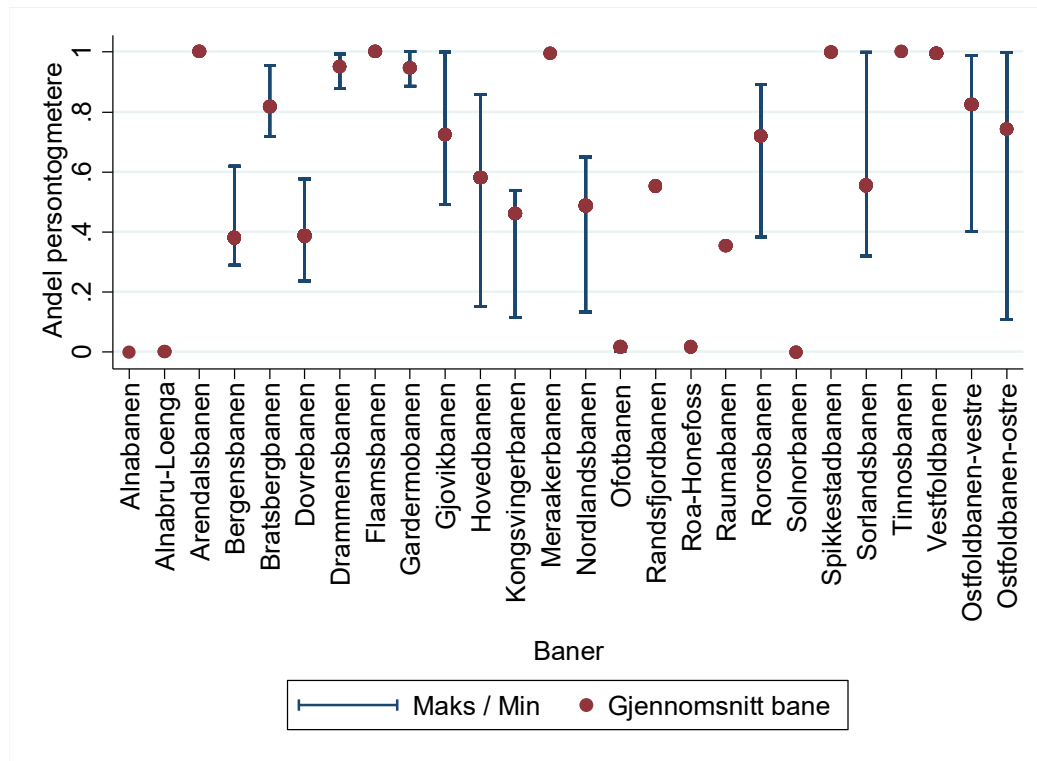
Sørlandsbanen ligger på landsgjennomsnittet, men har noe mer variasjon i godstrafikken.

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.

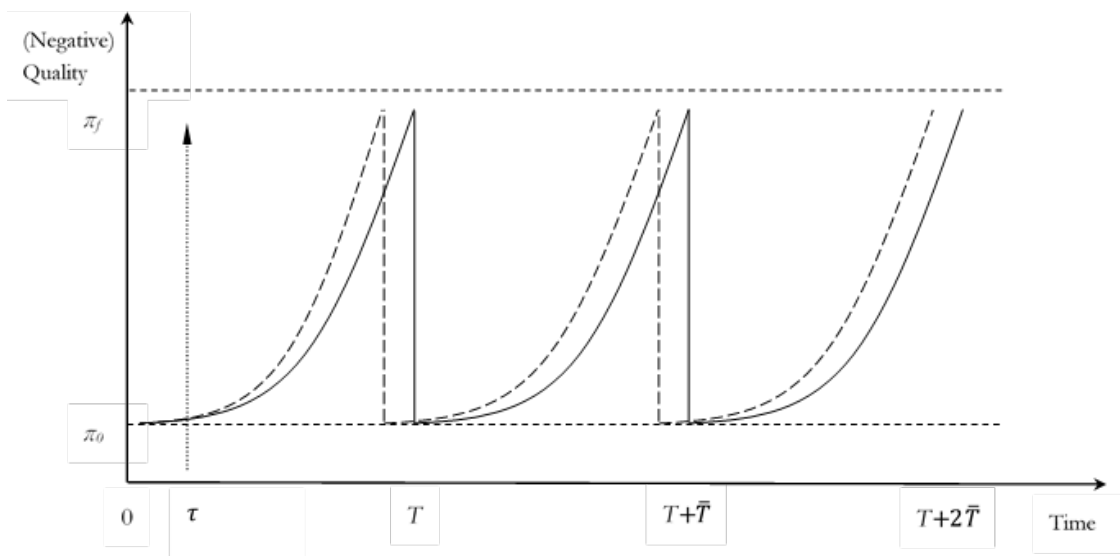
Det har ikke vært mulig å etablere et datagrunnlag til å gjennomføre egne studier av drift og vedlikehold i Norge. De beregninger som presenteres bygger derfor på en omfattende studie gjort av Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI) i Sverige. Beregningen i den svenske studien er tilpasset 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 forklares 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 slitasjekostnader 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 | Kurva-tur ^a | Tunneler antall | Tunneler km | Broer antall | Broer km | Hastighet km/t ^a | Kontakt-ledning 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 elasticitetene 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.

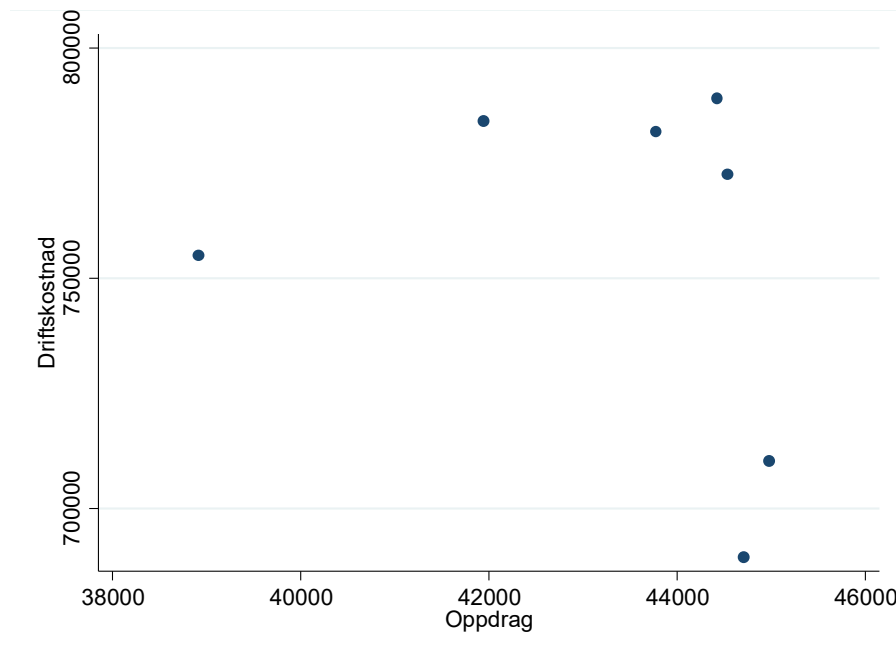
14 Infrastrukturkostnader for sjøtransport

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 nærskipsfarten. 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?

Norske marginalkostnader for anvendning av jernvægsinfrastruktur basert på informasjon om svenske og norske forholdene

Kristofer Odolinski

Statens væg- og transportforskningsinstitutt (VTI), Malvinas væg 6, Box 55685, 102 15 Stockholm, Sverige (kristofer.odolinski@vti.se)

1. Introduktion

Tågtrafik orsaker kostnader for samhället, såsom nedbrytning av jernvægsinfrastrukturen, olycksrisiker, utslæpp og buller. For å bidra til en effektiv anvendning av infrastrukturen bør tågføretagen betale en avgift som baseres på marginalkostnadene for trafikken. At faststille disse marginalkostnader har derfor blitt en forskningsfråge der ulike metoder har anvænt, æven inom de ulike kostnadskategoriene (olycksrisiker, nedbrytning av infrastrukturen, utslæpp etc.). Fokus for denne rapport er marginalkostnader for nedbrytning av jernvægsinfrastrukturen som beræknas med en empirisk metode. Ett alternativ er den mekanistiske metoden som baseres på ingeniørmæssige modeller. Gemensamt for metodene er at det behøvs ett detaljert datamateriale for å ta fram samband mellom trafik og infrastrukturkostnader, og ju fler observationer desto mer robuste samband.

Informasjon om trafik, kostnader og infrastrukturens egenskaper er nødvendig for å beræknare en marginalkostnad. I dagslæget er denne informasjon tilgjengelig på en relativt aggregert nivå i Norge, vilket gør det svært å etablere ett tilførlitlig samband mellom trafik og infrastrukturkostnader. Det er emellertid mōjlig å anvænde en kombination av data fra Norge og Sverige for å beræknare en norsk marginalkostnad. Mer spesifikk kan disaggregerede data over den svenske jernvægsinfrastrukturen anvændas for å ta fram kostnadselasticiteter for trafik som er relevante for Norge. Genom å multiplisere disse elasticiteter med en norsk gennemsnittskostnad (kostnad per trafikkenhet), kan en marginalkostnad for tågtrafikken i Norge erhållas.

Syftet med rapporten er å redovise en marginalkostnad for tågtrafik i Norge basert på denne kombination av informasjon fra de tvæ lændene. Målet er at det ska fungere som ett underlag for en banavgift i Norge, der avgiften ska motsvare den ekstra kostnad for underhåll og reinvesteringer i jernvægsinfrastrukturen som orsakas av tågtrafikken.

Rapporten har følgende disposition. I avsnitt 2 beskrivs metoden og de modeller som anvænds i berækningene. I avsnitt 3 beskrivs datamaterialet. Resultaten presenteras i avsnitt 4 og slutligen presenteras en slutsats 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 jämviktskostnaden 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 trunkeade 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 korrigering 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 tillräckligt 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 trafikering 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 innebär att ett medelvårde anvånds.

Tabell 5. Deskriptiv statistik for reinvesteringsmodell, data per bandel och år (1999–2016) i Sverige (3434 obs.).

| Variabler | Median | Medelvårde | Std. av. | Min | Max |
|--|--------|------------|----------|------|--------|
| Reinvesteringskostnader, millioner kr ^a | 0,34 | 7,61 | 27,51 | 0,00 | 511,27 |
| <i>Trafik</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, medelvårde (kg per meter) ^b | 50,0 | 51,2 | 5,0 | 32,0 | 60,0 |
| Kvalitetsklass, medelvårde (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 innebär att ett medelvårde anvånds.

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(spårlængd) | 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(spårlængd) | 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(spårlængd) ² | 0,1447 | 0,0898 | - | - |
| ln(spårlængd)ln(antal spår) | 0,1166 | 0,0803 | - | - |
| ln(spårlængd)ln(skarvar) | -0,0961** | 0,0413 | - | - |
| ln(spårlængd)ln(växlar) | -0,0813 | 0,0532 | - | - |
| ln(spårlængd)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) är interaktionstermer mellom kvalitetsklass og øvriga förklaringsvariabler, däribland trafik, ej statistiskt signifikanta. Interaktionstermer mellom längden på tunnlar og broar og andra infrastrukturegenskaper var statistiskt signifikanta, men dock inte interaktionen med antal tåg. I den begränsande modellen (Modell 2) ingår därför endast antal tåg, spårlængd, 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 reinvesteringsskostnader 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, reinvesteringsskostnader (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

Resultaten från båda de modeller för drift- og underhållskostnader som skattats för svenska förhållanden viser att ulike trafiknivåer påverkar storleken på kostnadselasticiteten. Resultaten från den begrensade modellen viser dessutom at kvalitetsklasse/hastighet har en effekt på kostnadselasticiteten. Vi beråknar derfor kostnadselasticiteter for banområdene i Norge enligt ekvation (11), dvs. med estimat baserte på skattninger gjennomførde på svenska 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 åven varierer med hastigheten i disse områdene. Noter at elasticitetene från Modell 2 er korrigerede basert på den faktor som jåmviktselasticiteten er verskattet (0.3863/0.2640=1.4633) (p.g.a. en *omitted variable bias*).

I skattningen av reinvesteringsmodellen er parametern for andra ordningens effekt av trafik ej statistisk signifikant (p-vårde = 0.701). Vi väljer derfor at inte inkludere denna effekt i beråknningen av elasticiteter for Norge. Däremot tar vi hänsyn till at kostnadselasticiteten varierer beroende på kvalitetsklasse/hastighet (korselasticiteten er -0.5896 og statistisk signifikant).

Kostnadselasticiteter for områdene i Norge som er lmplige at anvnde i beråknningen av norske marginalkostnader redovises i Tabell 11. Fljende er en eksempelberåknning for områdene Midt, basert på ekvation (11) og på resultatene från Modell 2, samt norske data i Tabell 1 og Tabell 2 (medelvårdet 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 at $\text{Med}(\text{Trafik}^{\text{Norge}})$ og $\text{Med}(\text{hastighet}^{\text{Norge}})$ er medianvården for trafik respektive hastighet i Norge (i modellskattningarna på svenska data divideres variablene med dess medianvården d dette går at vi undviker problem med multikollinearitet når vi använder interaksjonstermer og andra ordningens termer, vilket kan ge høge standardfeil, samt p.g.a. at första ordningens koeffisienter därmed kan tolkes som estimat vid urvålets median).

Tabell 11. Kostnadselasticiteter med avseende på trafik for områdene i Norge, drift, underhåll og reinvesteringar.

| Område | Elasticiteter for drift og underhåll | | Elasticiteter for reinvesteringar |
|----------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| | 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 |
| st | 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 tågkilometer (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 tågkilometer) | | |
|----------------|---|---------------|--------|
| | 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 tågkilometer för drift, underhåll och reinvesteringar, NOK (2019 års priser).

| Område | Marginalkostnader per tågkilometer | | |
|----------------|------------------------------------|---------------|--------|
| | 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 och 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 |

För reinvesteringar är variationen i marginalkostnader mellan områden betydligt större, och här sticker Oslokorridoren ut med den lägsta marginalkostnaden (15.91 NOK per tågakilometer), samtidigt 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, och till viss del även variationer i kostnader för drift 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 mellan spårbyten (beroende på framförallt trafikmängd).

5. Slutsats

I denna rapport har marginalkostnader för Norge beräknats genom att kombinera norska och svenska data. För att ta fram samband mellan trafik och kostnader för drift, underhåll och reinvesteringar behövs data för dessa variabler, samt information om infrastrukturens egenskaper. Fler observationer ger bättre möjlighet att ta fram robusta och tillförlitliga samband. Då tillgängliga data från det norska järnvägsnätet är begränsat har svenska data använts för att skatta samband mellan trafik och kostnader, dvs. kostnadselasticiteter. De skattade kostnadselasticiteterna för trafiken varierar med avseende på kvalitetsklass (tillåten hastighet) och trafikmängd. Denna variation har använts tillsammans med tillgängliga data från Norge för att ta fram kostnadselasticiteter som är relevanta för Norges banområden: Midt, Nord, Oslokorridoren, Sør, Vest, och Øst.

Marginalkostnader per tågakilometer för varje banområde har beräknats genom att multiplicera kostnadselasticiteterna för respektive banområde med dess genomsnittskostnad. Variationen i marginalkostnader för drift och underhåll mellan olika områden är liten i förhållande till variation i marginalkostnader för reinvesteringar. Den viktade marginalkostnaden för Norges järnvägsnät är 18.08 NOK för drift och underhåll och 32.74 NOK för reinvesteringar, vilket innebär en total marginalkostnad på 50.82 NOK per tågakilometer.

Det bör noteras att det finns vissa osäkerheter kring överförbarheten av svenska kostnadselasticiteter till Norge och därmed osäkerheter i de norska marginalkostnaderna. En anledning är att kostnadselasticiteterna i Sverige varierar med avseende på kvalitetsklasser, där skillnaderna i tillåten hastighet inte är linjär för de olika klasserna. Det påverkar överförbarheten till norska förhållanden eftersom vi använder den tillåtna hastigheten i Norge när vi beräknar en kostnadselasticitet för Norge. Generellt kan elasticiteterna som baseras på svenska data se annorlunda ut i Norge, beroende på exempelvis underhållsstrategi, egenskaper hos de tågfordon som trafikerar banorna (boogie, axellast, etc.) eller egenskaper hos infrastrukturen.

Slutligen kan nämnas att det finns anledning att variera banavgifterna efter järnvägsfordonens egenskaper och vikt. Exempelvis har vagnarnas boogie och axellast en betydelse för nedbrytning av spåren (se exempelvis Öberg et al. (2007), Smith et al. (2016) och Odolinski (2019)). En beräkning av relevanta marginalkostnader ställer dock ännu högre krav på datatillgång. I detta fall behövs uppgifter om tågens egenskaper och bruttovikt (helst bruttovikt per axel), vilket inte var tillgängligt 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

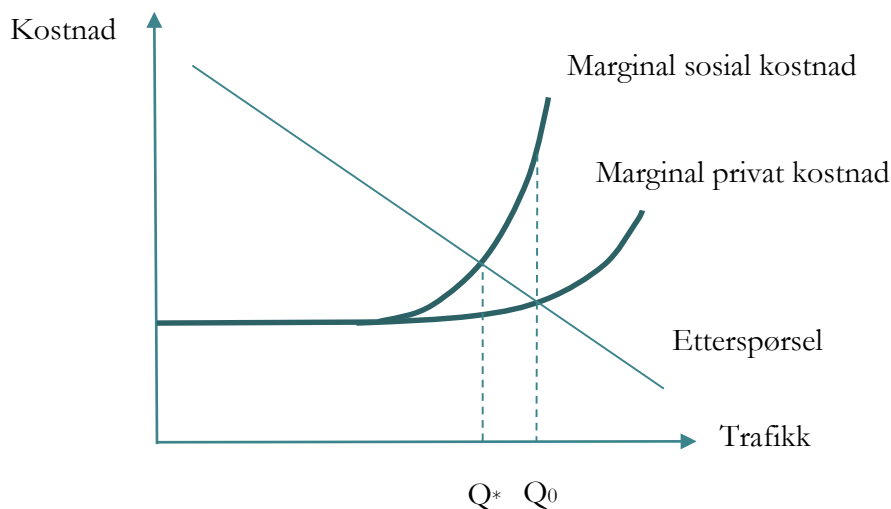
15 Om køkostnader

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:

$$\frac{p}{v_s(y_{st})} \left(- \left(\frac{y_{st} - 1}{y_{st}} \right) \varepsilon_{st} \right) \quad (6)$$

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.

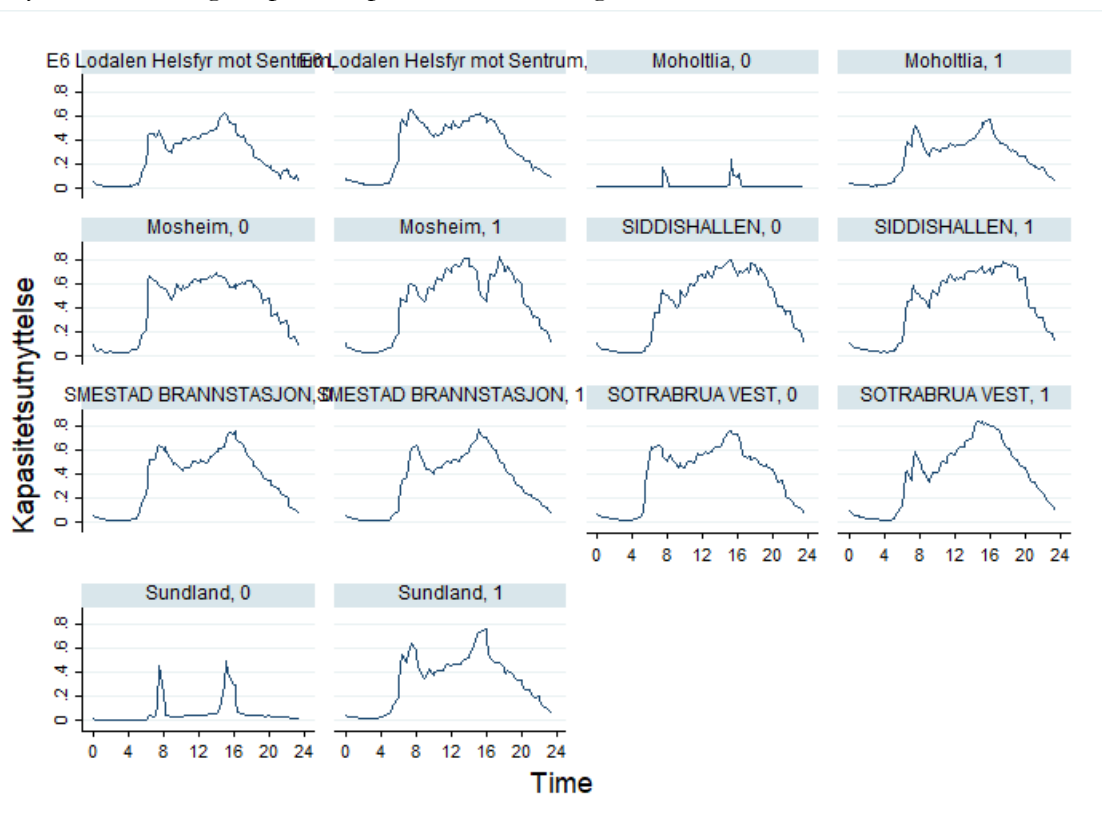
| | Fri flyt | Moderat kø | Sterk kø |
|--------|----------|------------|----------|
| Vektet | 248 | 306 | 471 |

For å kunne beregne grad av kø (moderat og sterk) benytter vi vektninger av trafikkvolumer relativ 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 trafikens 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.



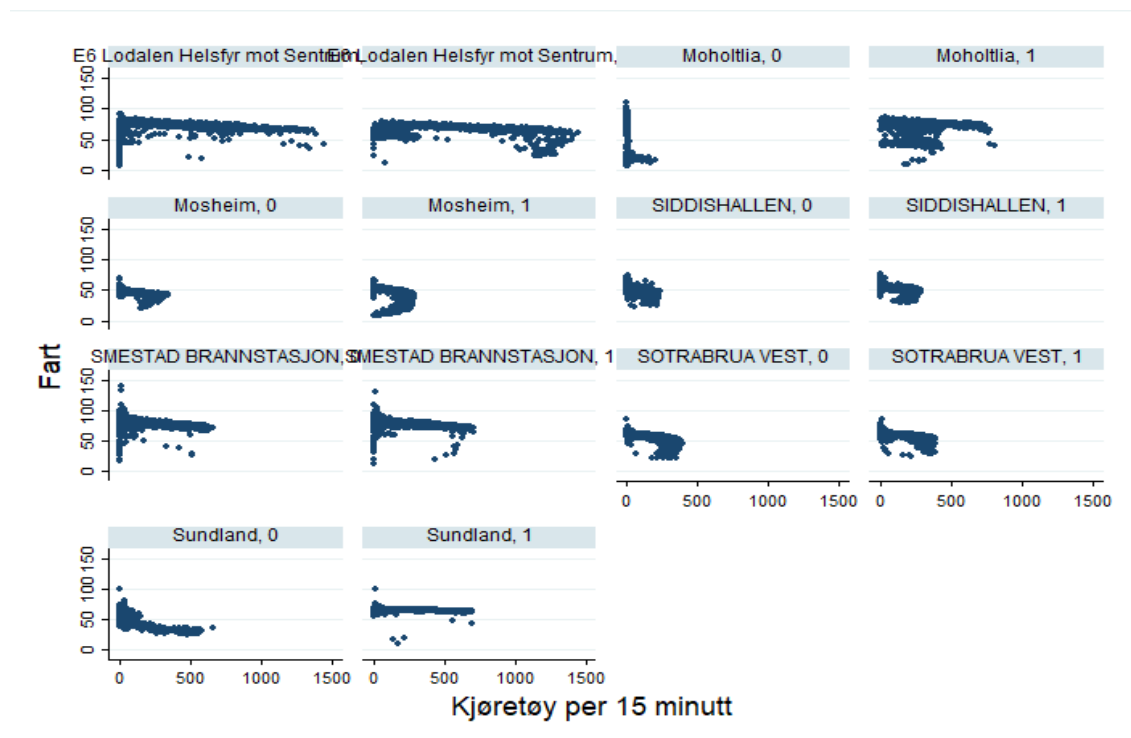
Figur 17.1: Kapasitetsutnyttelse over døgnet.

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 Sintefs 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 Sintefs 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.

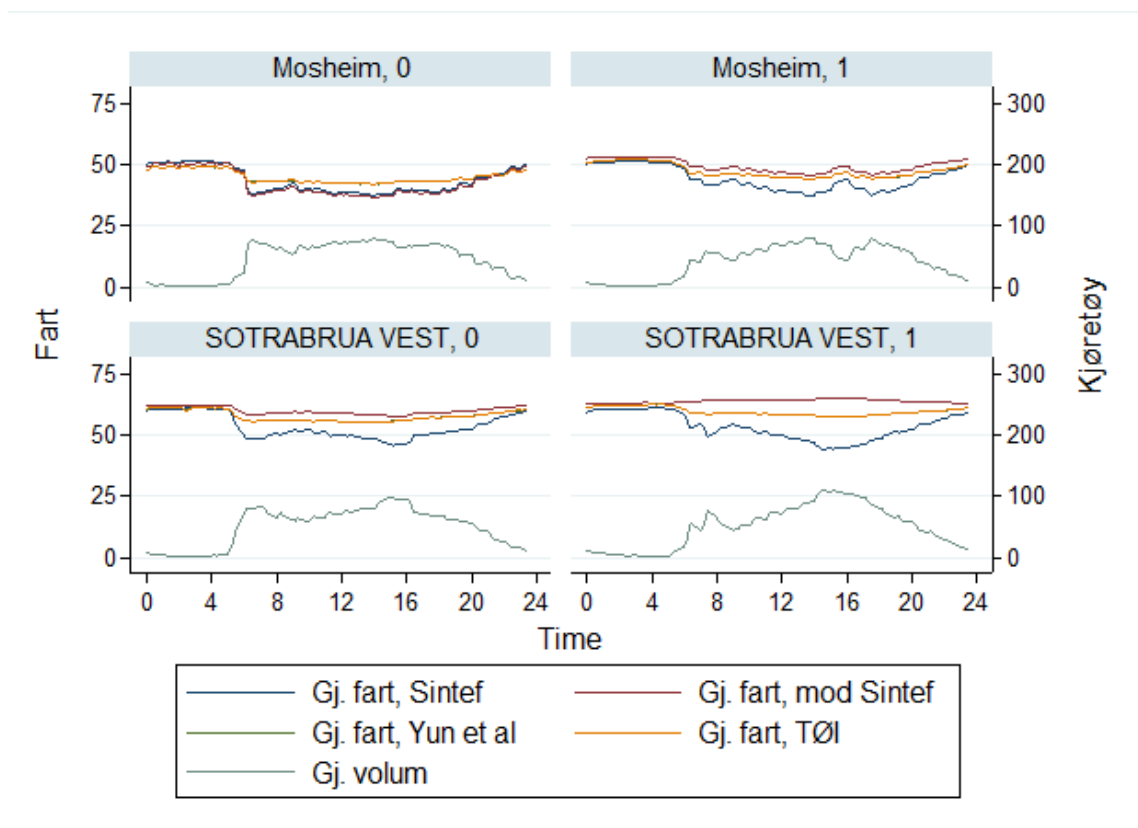
Tabeller med oversikt over alle parameterestimaterne er inkludert i vedlegget (kapittel **Vedlegg, Del 6 - Køkostnader.**).

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.

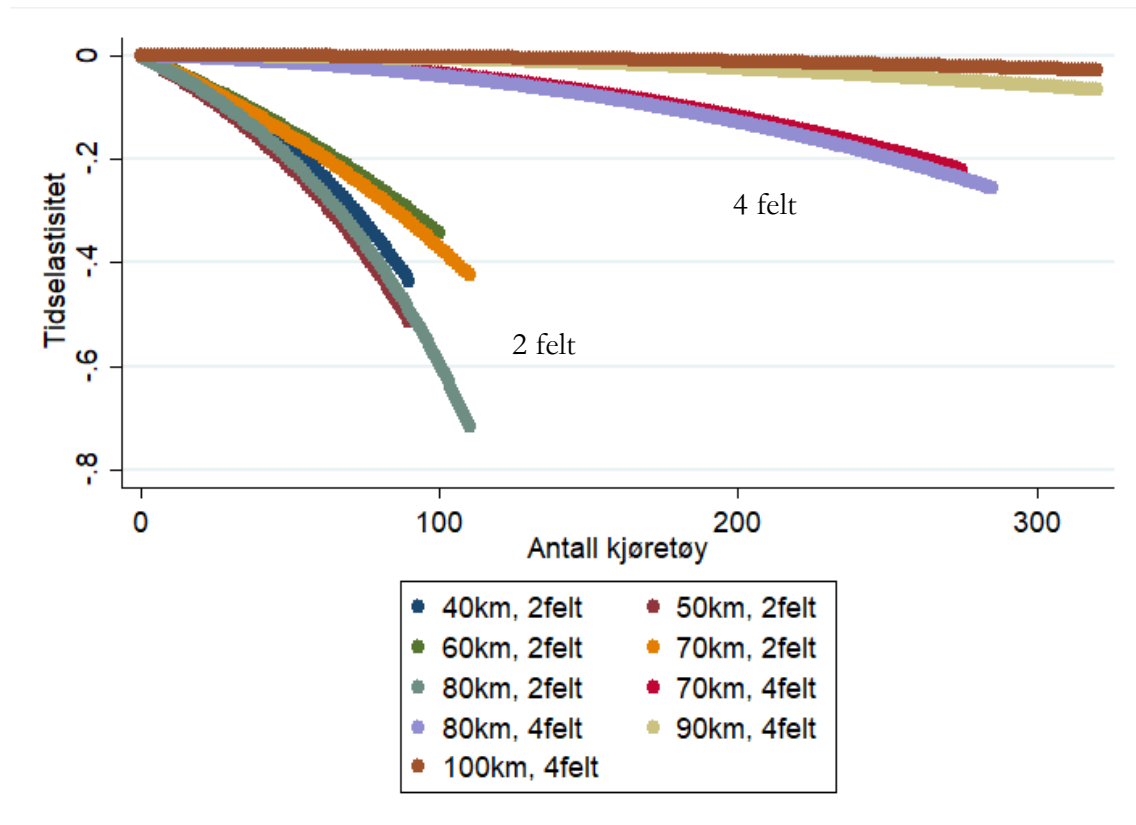


Figur 18.1: Døgnvariasjon i trafikkvolumer og fart.

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.

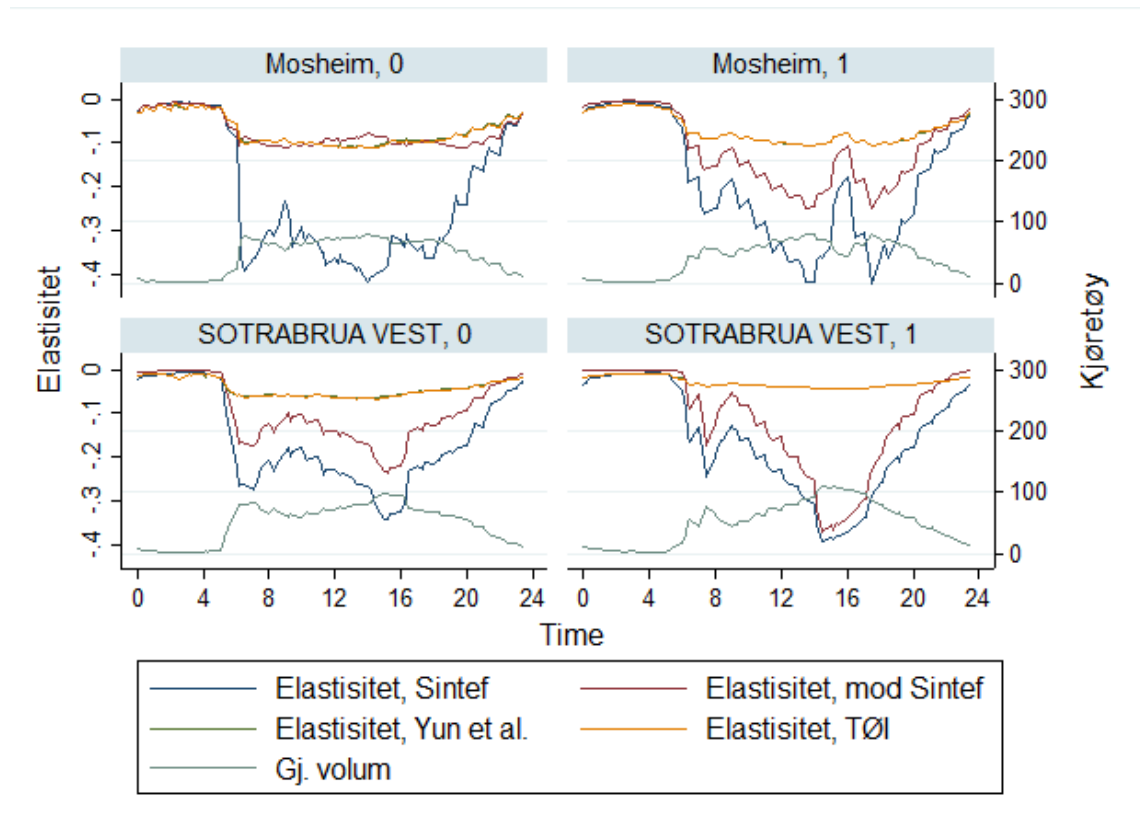
Den modifiserte Sintef-funksjonen framstår som noe mer elastisk, men heller ikke den responderer like kraftig på trafikk som Sintefs egen funksjon.

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.

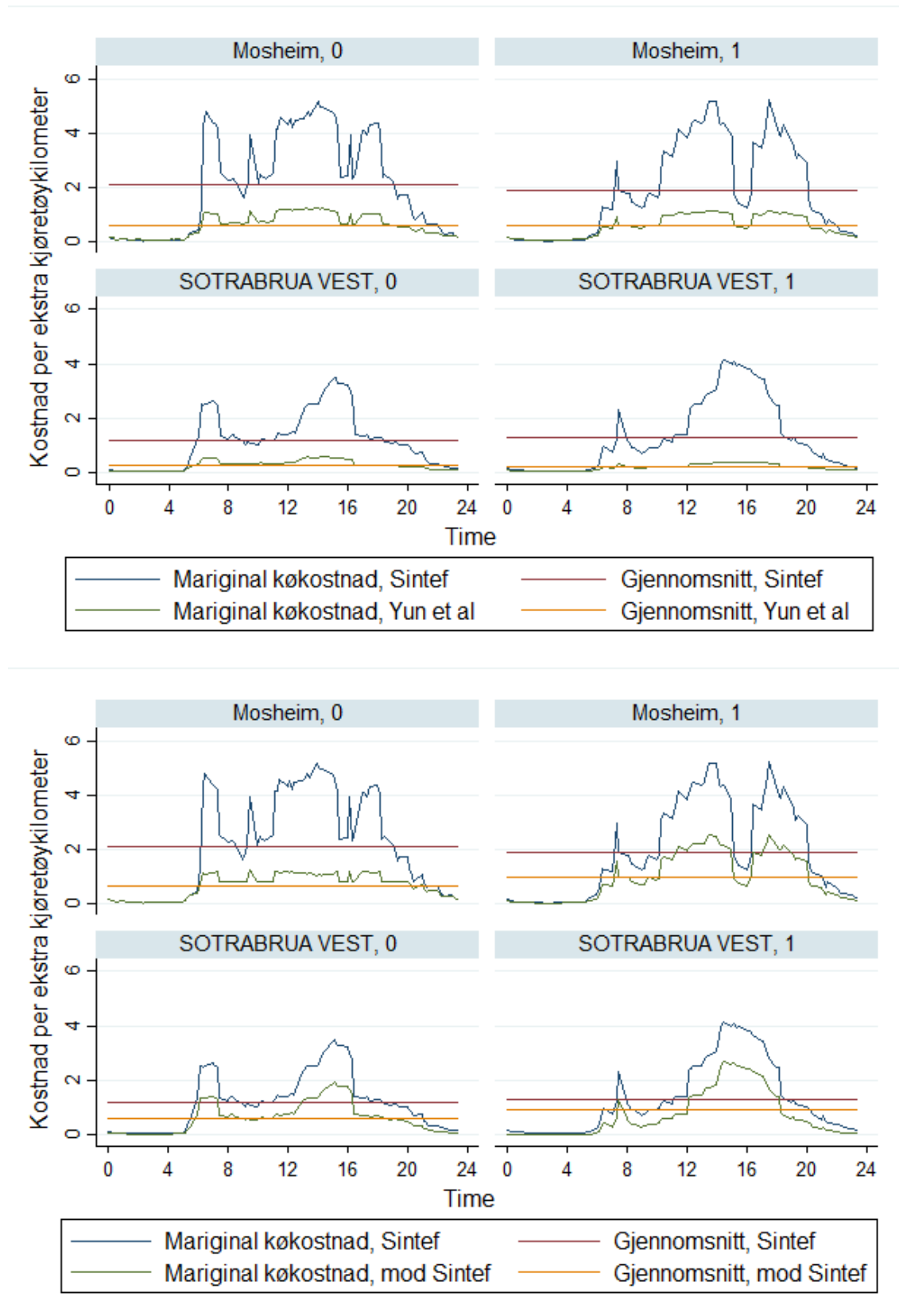
Figur 19.3 viser hvordan elastisiteten varierer over døgnet i forhold til de gjennomsnittlige trafikkmengdene observert på 2-feltsveger. Figuren synliggjør at Yun et al. (2005) sin modell og TØIs modifisering av denne modellen er langt mer inelastisk enn Sintefs modell. Sintefs egen modell er igjen mer elastisk enn den modifiserte Sintef-modellen.



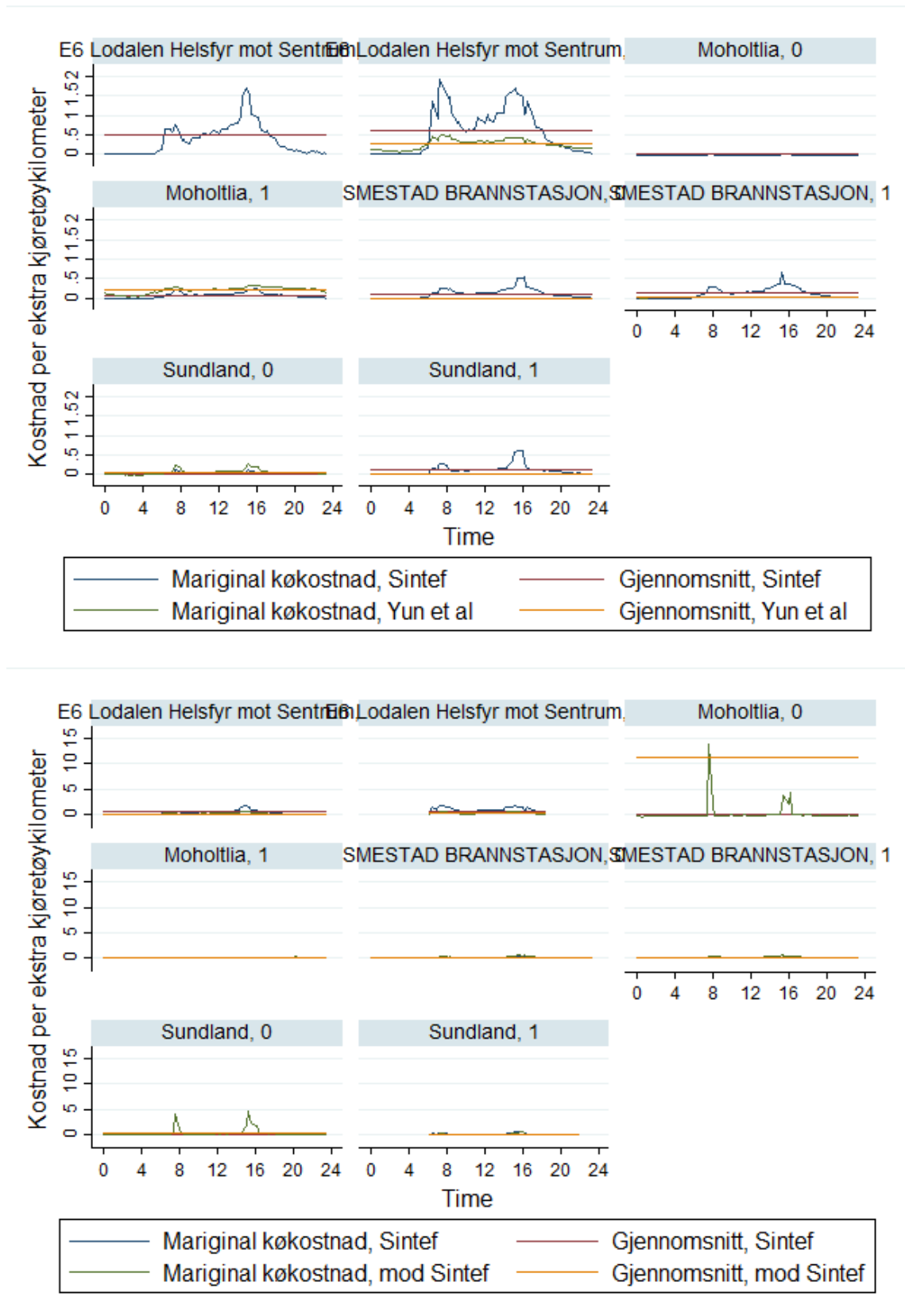
Figur 18.3: Variasjon i volum og tidselastisiteter.

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

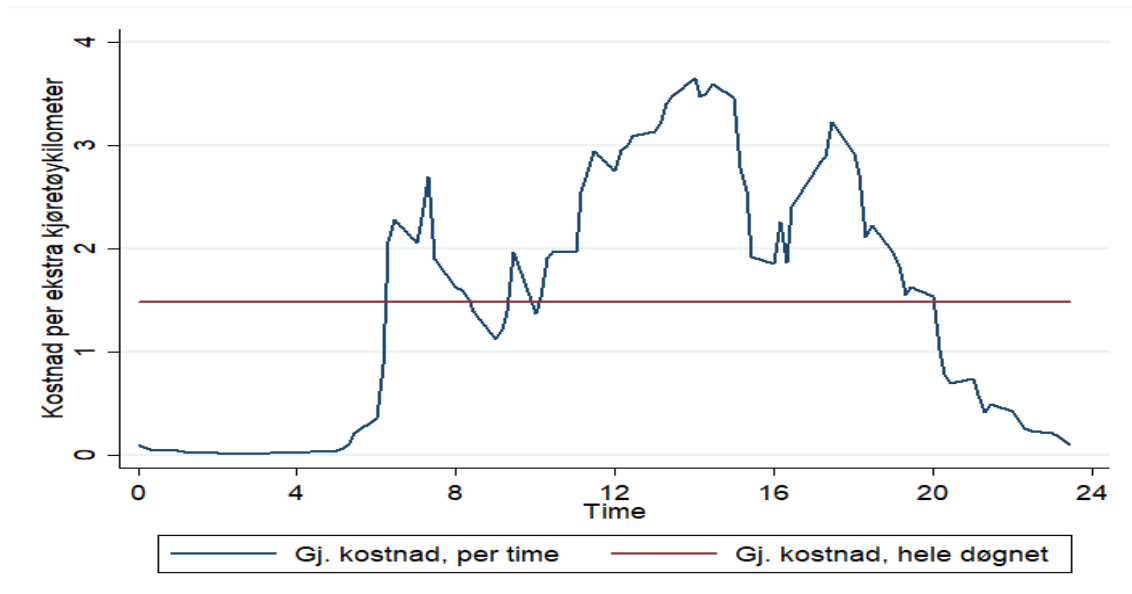
Modellen til Yun et al. (2005) og TØIs modifisering av denne modellen fremstår å gi svært inelastiske køfunksjoner. Generelt anbefaler vi å basere kostnadsvurderingen på Sintefs modellapparat siden det bygger på et langt bredere datagrunnlag og følgelig gir mer generelle køfunksjoner enn våre estimater.

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.

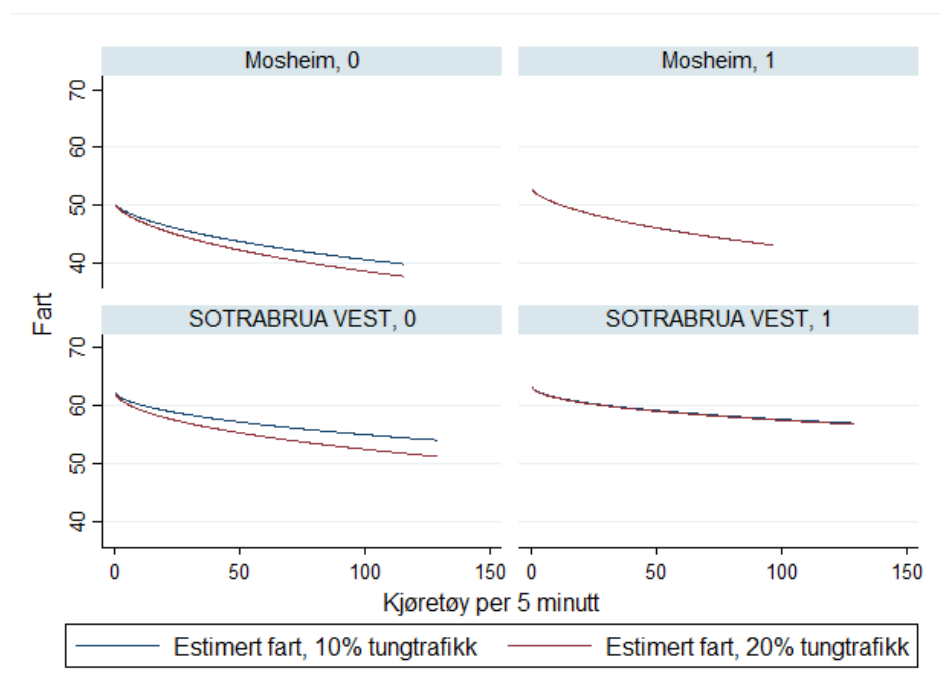
18.3 Internalisering av køkostnader

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).

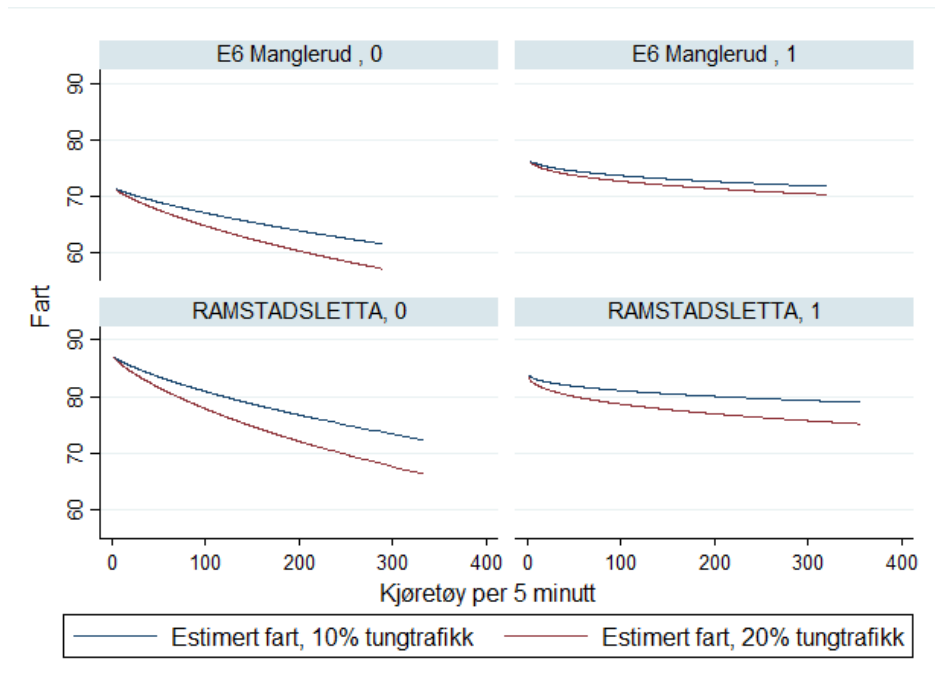
19 Tunge kjøretøyer

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.

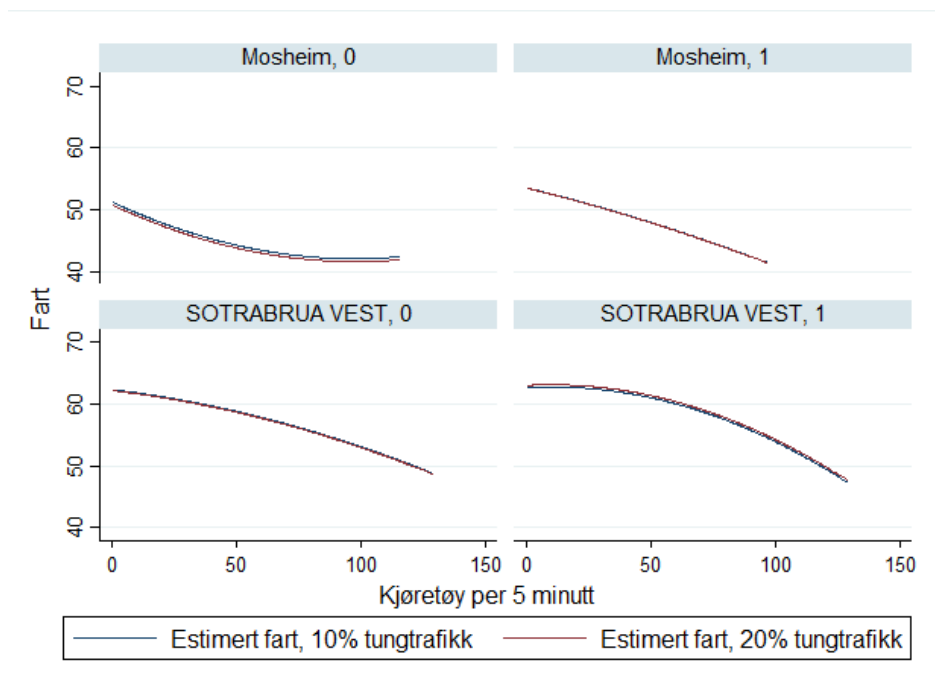
Det kan være fristende å foreslå en tommelfingerregel for fordeling av køkostnader mellom tunge og lette kjøretøy, men en slik *ad hoc* fremgangsmåte støttes ikke av våre empiriske undersøkelser. Figur 20.1 til Figur 20.4 viser predikert fart på 2-feltsveger (lav hastighet) og 6-feltsveger (høy hastighet) 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 begrensninger.



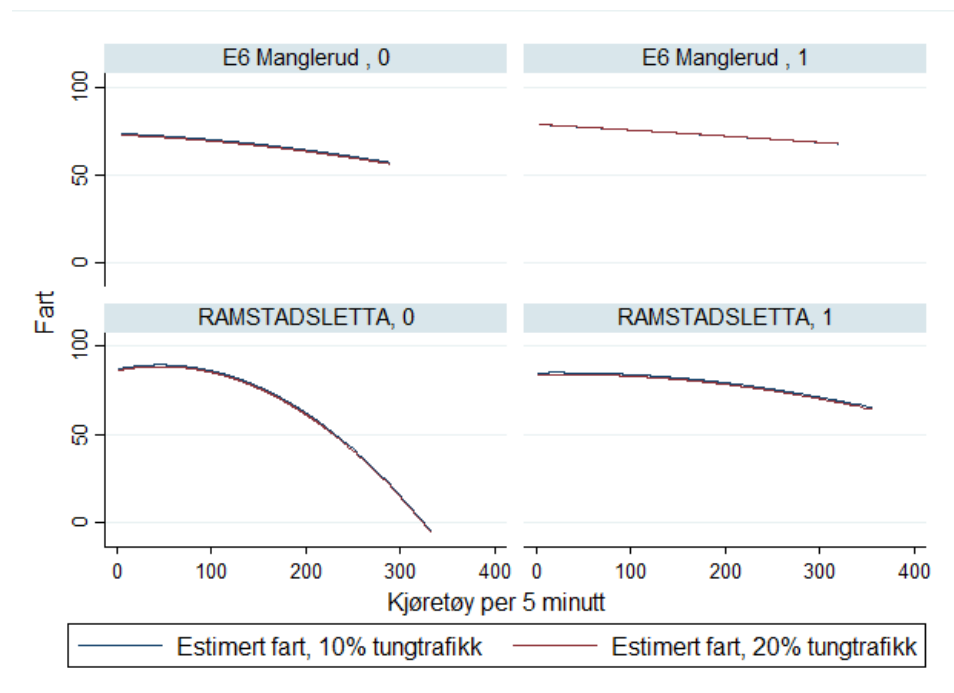
Figur 19.1: Fart etter tungtrafikkandel på 2-feltsveg, Yun et al. sin modell.



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 Helsfyr 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 Helsfyr 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 verdsettelsesmetodikken 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: Miljøskadematrixe. 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, 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.

| 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, nattetid (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 | Spredd bebyggelse | 0.09 | 0.02 | 0.04 | 0.00 | 0.05 | 0.03 | 0.23 |
| Varebiler | D | Tettsted (15 000 - 100 000 innb.) | 0.11 | 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 | Spredd bebyggelse | 0.08 | 0.01 | 0.04 | 0.00 | 0.05 | 0.03 | 0.21 |
| Varebiler | P | Tettsted (15 000 - 100 000 innb.) | 0.10 | 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 | Spredd bebyggelse | 0.04 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.43 | 0.00 | 0.51 |
| MC | P | Tettsted (15 000 - 100 000 innb.) | 0.05 | 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 | Spredd bebyggelse | 0.40 | 0.07 | 0.24 | 0.00 | 0.36 | 0.03 | 1.09 |
| Turbuss | D | Tettsted (15 000 - 100 000 innb.) | 0.54 | 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 | Spredd 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 | Spredd 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:

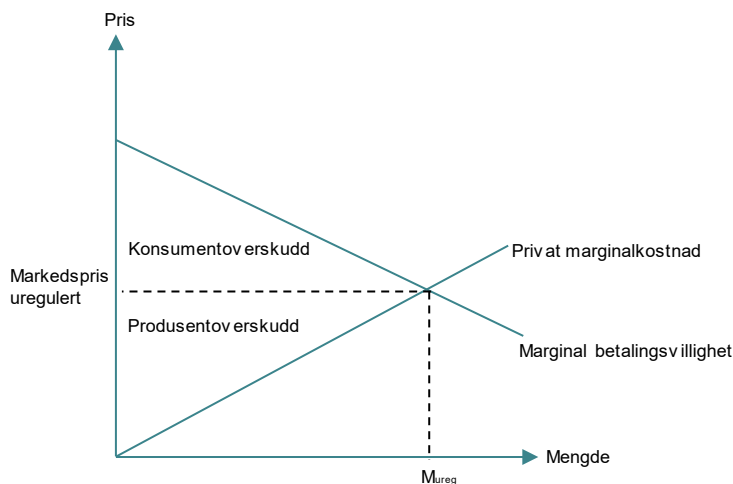
I nullalternativet beregnes utslipp fra de dieseldrevne togene på linja for hvert år i analyseperioden, fordelt på de aktuelle områdetypene. Utslipp per år per områdetype multipliseres med enhetspriser per år per områdetype. Denne strømmen av utslippskostnader diskonteres tilbake til henføringsåret og 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

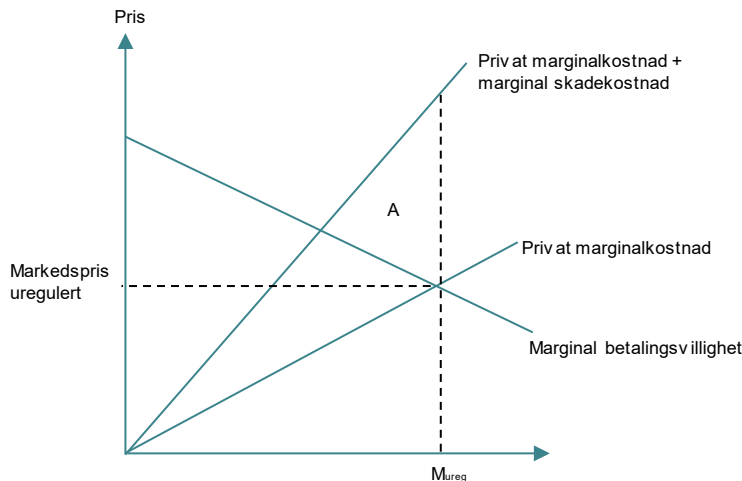
Fundamentalt i samfunnsøkonomifaget er at i et marked hvor det ikke forekommer noe markedssvikt, så er det samfunnsøkonomiske overskuddet maksimert når prisen er satt slik at forbrukernes marginale betalingsvillighet (MBV) er lik bedriftenes marginalkostnad (MK). Enkelt sagt, der tilbud er lik etterspørsel. 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

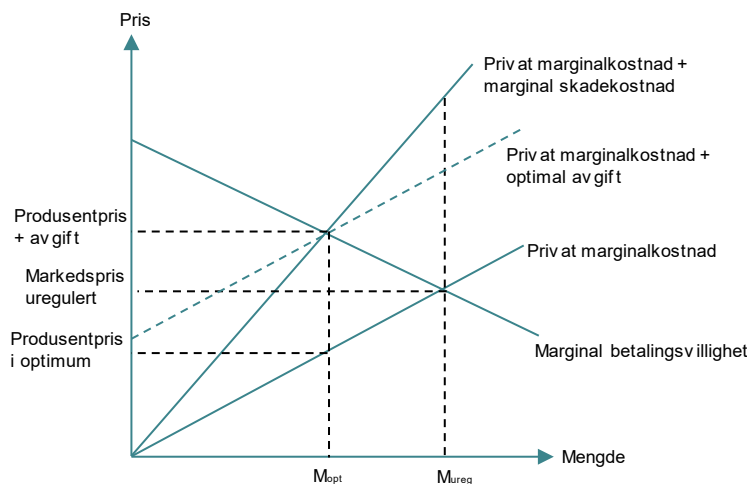
Denne likevekten er samfunnsøkonomisk effektiv (også kalt Pareto-optimal) siden overskuddet er maksimert og det ikke er mulig å øke velferden til noen i markedet uten at noen andres velferd må reduseres.

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 skadepkostnad, 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 skadepkostnad)

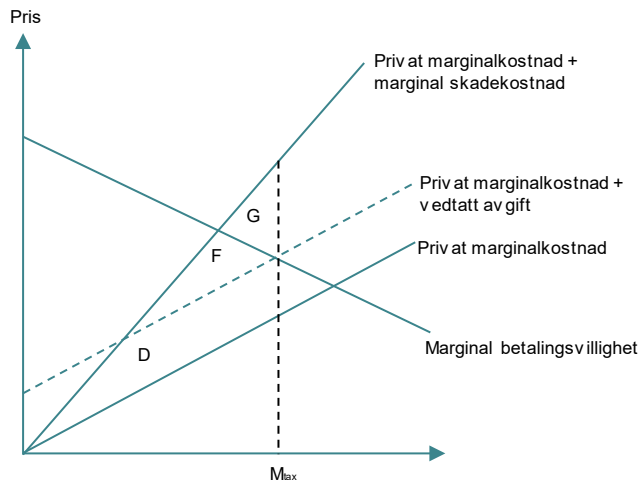
En avgift satt lik marginal skadepkostnad er det mest effektive incentivet myndighetene kan gi under slike omstendigheter. Både avgifter høyere enn marginal skadepkostnad og avgifter lavere enn marginalkostnad vil føre til mindre effektive likevekter.

V5.1.1 Samfunnsøkonomisk ineffektivitet av at avgifter avviker fra marginal skadepkostnad

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 skadepkostnad inkludert, som også er ineffektivt.

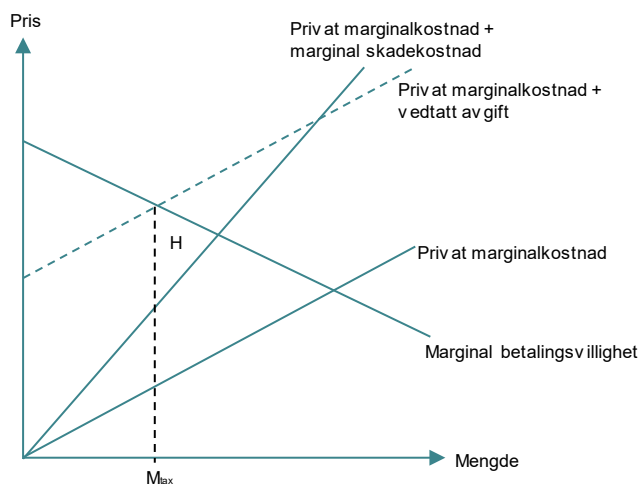
Dersom man har satt en avgift på den skadelige aktiviteten som er lavere enn optimalt, vil deler av skadepkostnaden være internalisert, mens deler av skadepkostnaden fortsatt vil være

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 dødvektstap

Figuren under viser effektivitetstapet av at man har en avgift høyere 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 dødvektstap

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, fordelingseffekter 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 fordelingseffekter 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 skadekostnader. 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 skadekostnadene 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/brukerbetaling 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. Brukimporterte 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 nullutslipps) 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 skadestrukturer 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 transportmodellsystemet. 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 eksistere 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 skadestrukturer 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 skadestrukturperspektiv er den direkte effekten av subsidier som gjør at generaliserte reisekostnader for nullutslippsbiler blir lavere å stimulere til økte skadestrukturer. 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 vare bilen, 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 nytte transportkjøretøy 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 skadekostnader. 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 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 skadekostnader 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 skadekostnader. En ny utredning på skadekostnader 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 skadekostnader per km, men er ikke rettet mot skadekostnader. 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 skadekostnader per km, men er ikke rettet mot skadekostnader. 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 skadekostnad 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, brukerbetaling 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)
- Engangsavgift (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

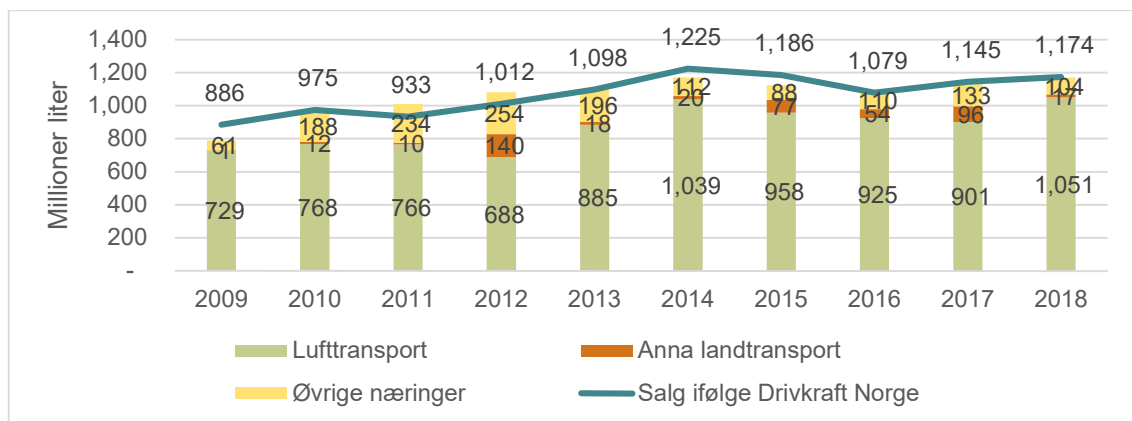
Drivstoffsalg og utslipp basert på statistikk fra SSB

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.

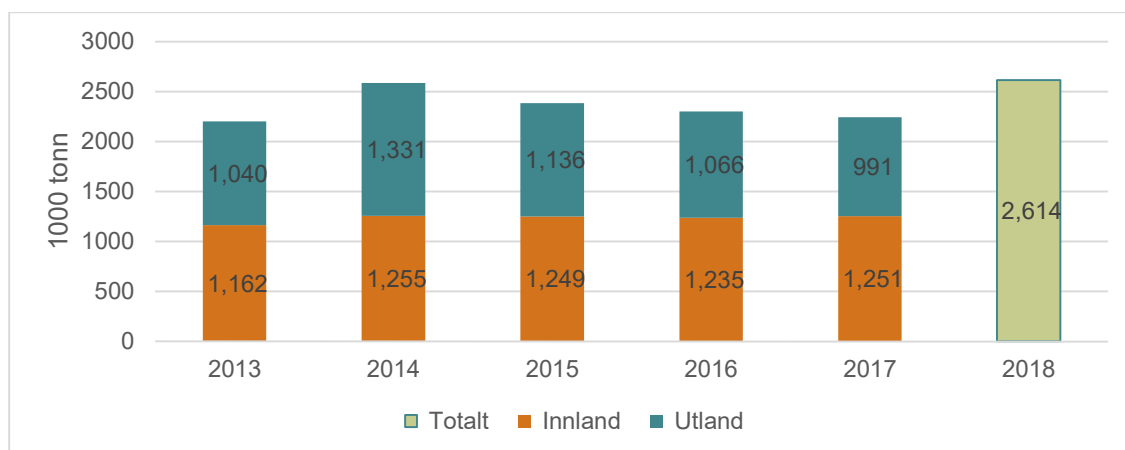
Omregnet til tonn (0,79 tonn=1000 liter) utgjør salget av jetparafin til luftfart i 2017 711 669 tonn drivstoff som (med 3,15 kg CO₂/kg drivstoff medfører utslipp av 2 241 758 tonn CO₂. Øvrige utslipp med klimaeffekt er metan og lystgass. Disse har som nevnt ifølge SSB en samlet klimaeffekt på ca. 1,5 % 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.

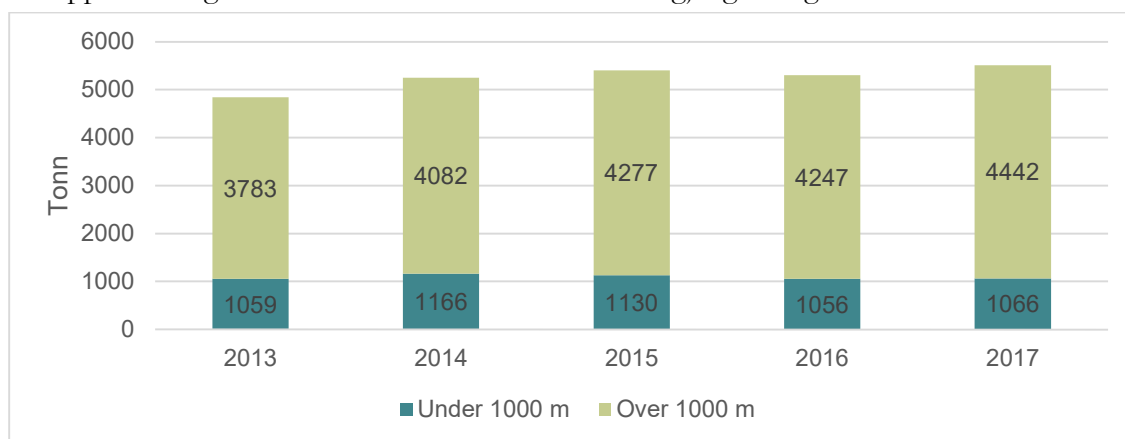
Differansen mellom utslipp fra totalt salg til luftfart og utslipp fra innenlandsk luftfart har variert sterkt. Det samme gjelder totale utslipp fra luftfart beregnet ut fra drivstoffsalg, som økte fra 2,24 millioner tonn CO₂ i 2017 til 2,61 millioner tonn CO₂ i 2018.

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 utslippkalkulator

For å beregne utslipp innenfor den budsjettmessige rammen av prosjektet benytter vi som en forenkling SAS utslippkalkulator. 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 utslippkalkulatoren 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 utslippkalkulator. 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 utslippkalkulator. 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 årsdøgn og spør hvordan en marginal endring i årsdøgntrafikken (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 tversnittstudier 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).

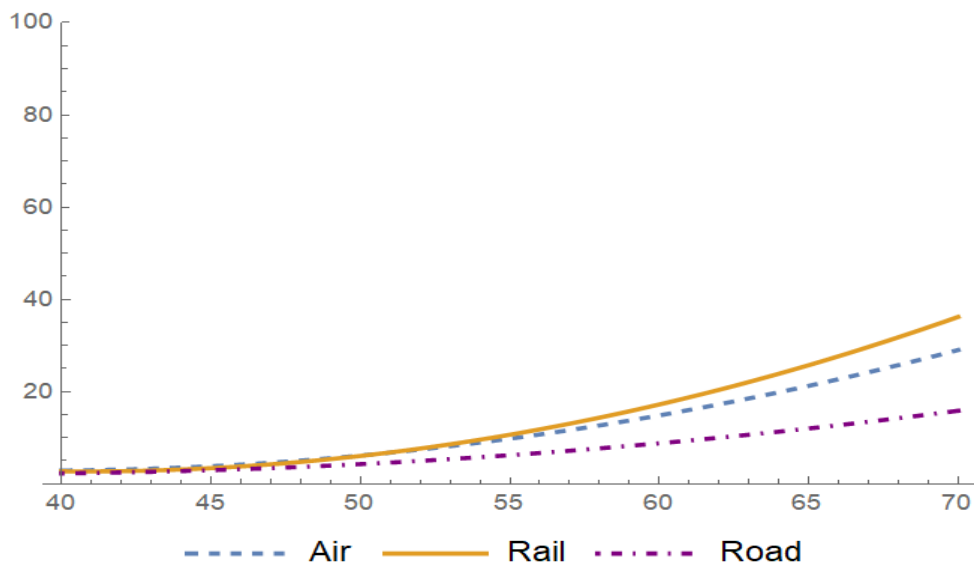
Utgangspunktet er sterke søvnplager (mye og voldsomt plaget) som funksjon av L_{night} . Kurvene starter fra 40 dB, men er relativt flate under 50dB, slik at vi for å sikre sammenliknbarhet med veg og togtrafikkstøy bruker L_{night} lik 50dB som nedre grense.

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.

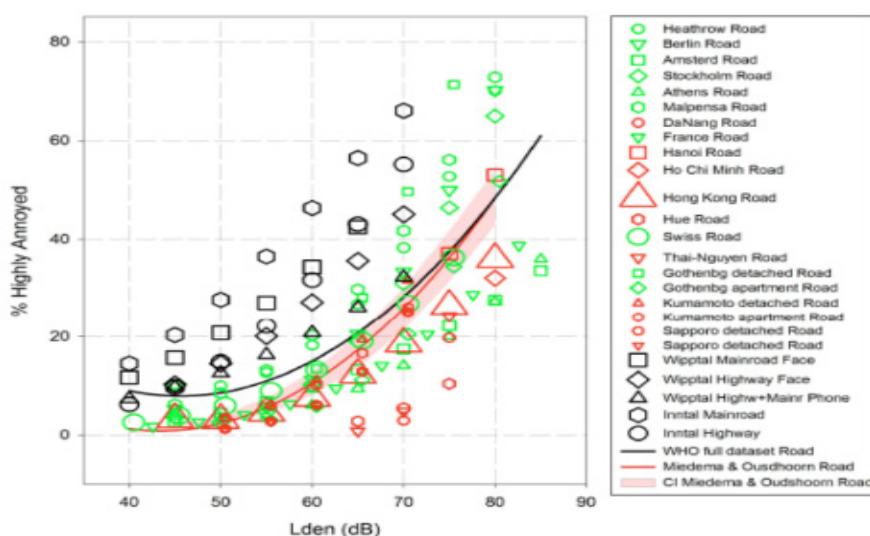


Figur 27.1: Virkningskurver for personer som er voldsomt og mye plaget av ulike søvnforstyrrelser som funksjon av L_{night} . Basert på tilnæringer i Basner mfl. (2018).

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.

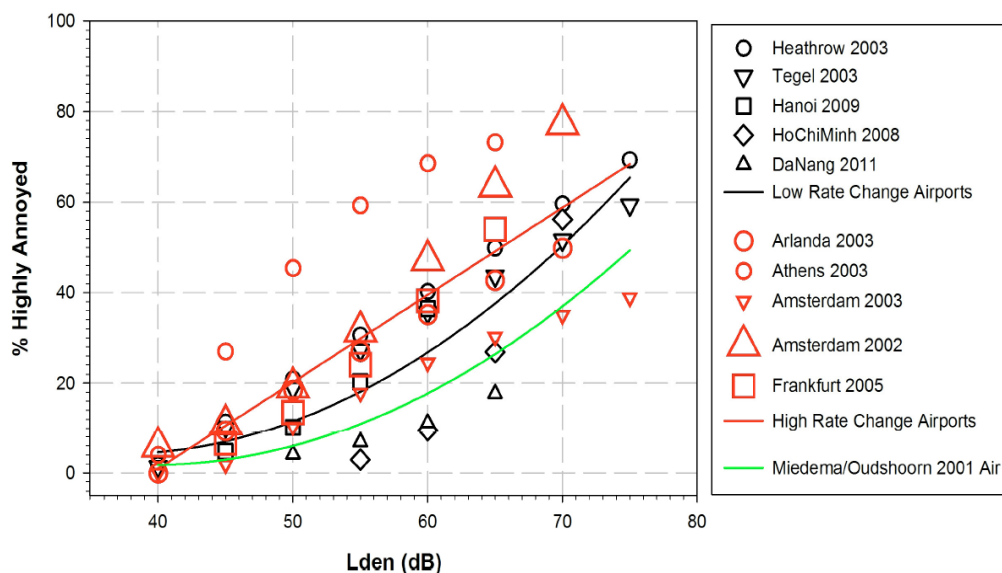
Her avtar tilsynelatende vegtrafikkstøyplagen ved de laveste eksponeringsverdiene – Dette er et artefakt som kommer ene og alene som resultat av feilaktig interpolasjonsmetode. Feilaktig interpolasjonsmetode gir også opphav til andre mistilpasninger som ikke er like lette å få øye på.

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).

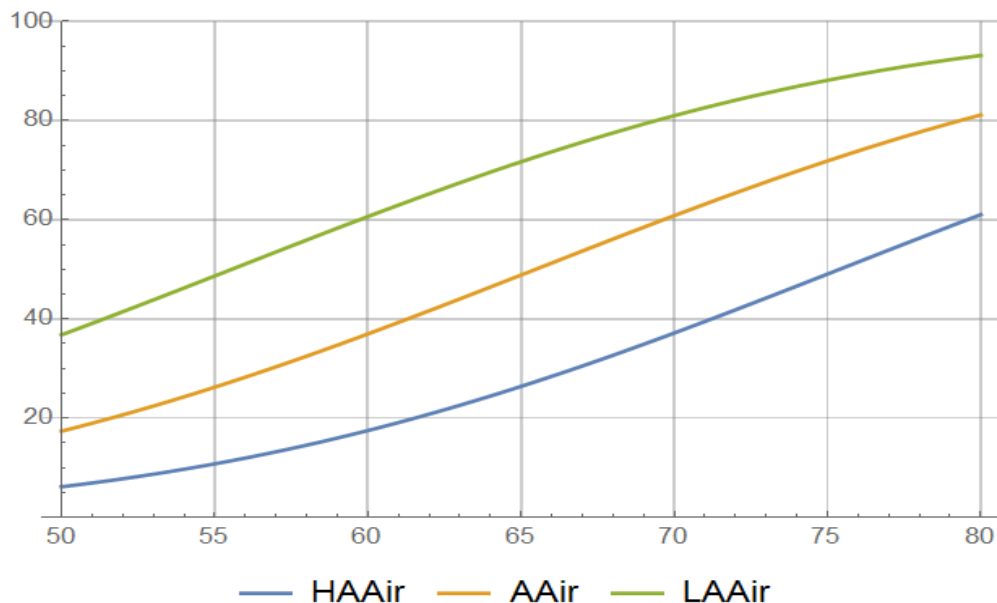
Fra beskrivelsen av kurvene gjengitt i Guski mfl. (2017) framgår det at de ulike kurvene ikke framkommer fra en meta-analyse eller analyse av et samlet sett av individuelle datapunkter, men ved å hente ut aggregerte datapunkter fra ulike undersøkelser og å interpolere. Det er anvendt lineær- og kurvelineær 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 lineærtilnæringer av andelen som er sterkt plaget av flystøy (L_{den}) mellom 50 og 65 dB og fra 65 dB og oppover.

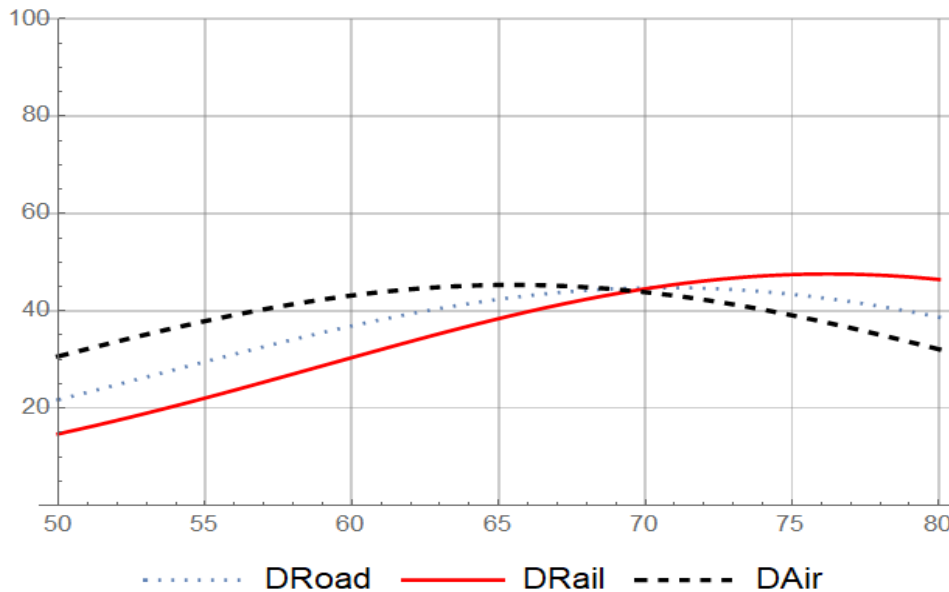
Vi får da vinkelkoeffisienter på hhv 0.0134962 og 0.0230832. Vi finner de marginale plagekostnadene ved å gange med 0.02 DALY dvs. NOK2019=32 200. Vi får da

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 u hensiktsmessig å kun bruke en enkelt lineært tilnærming. 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. Verdsettingen 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. fratrekke 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

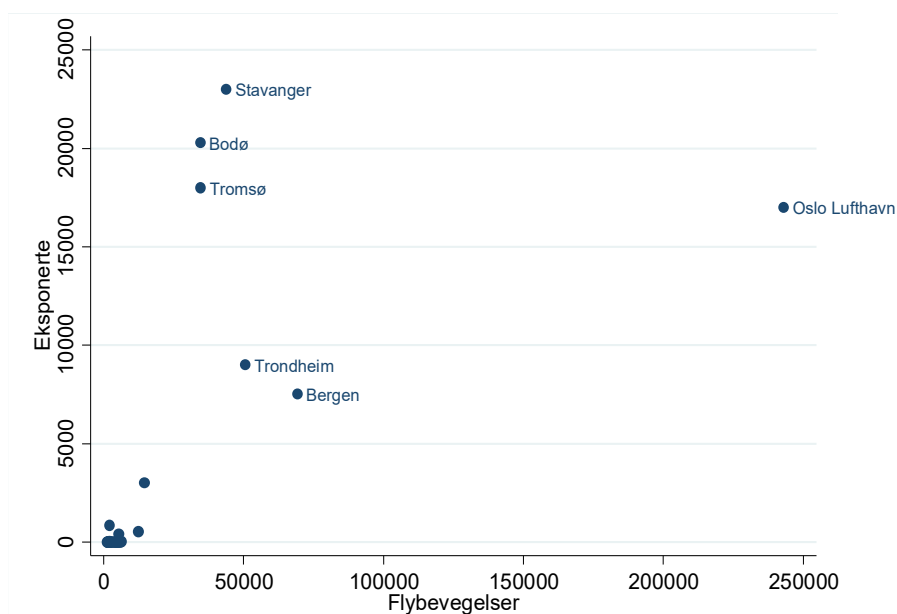
flyvning analyseres. Vi legger til grunn både fly av typen propell- og jetfly når vi vurderer endring i skadekostnader ved en marginal endring i flytrafikken. Det er følgelig viktig å velge ut flyplasser med «blandet trafikk».

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.

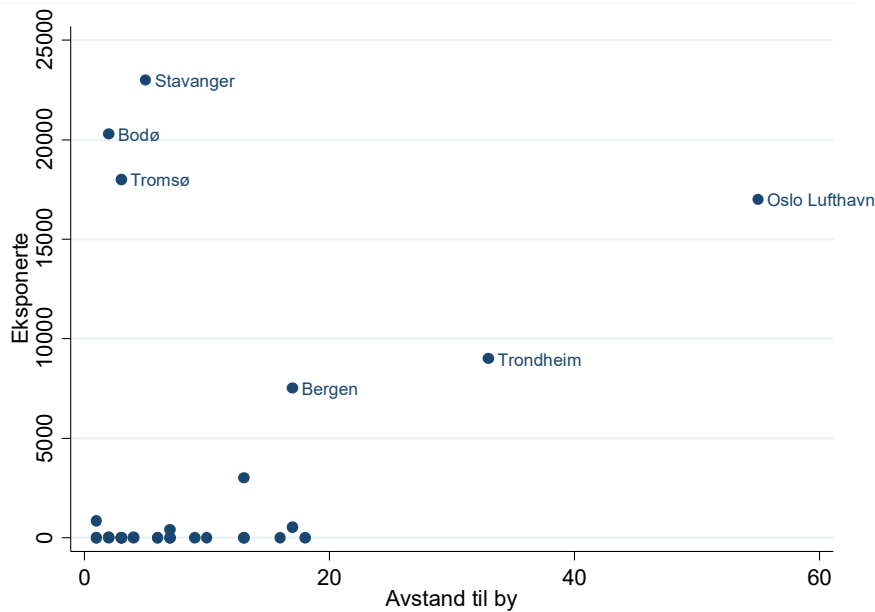
Det er flere alternative kriterier som kan legges til grunn ved utvelgelsen av case:

- 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 sammenliknbar. 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 |

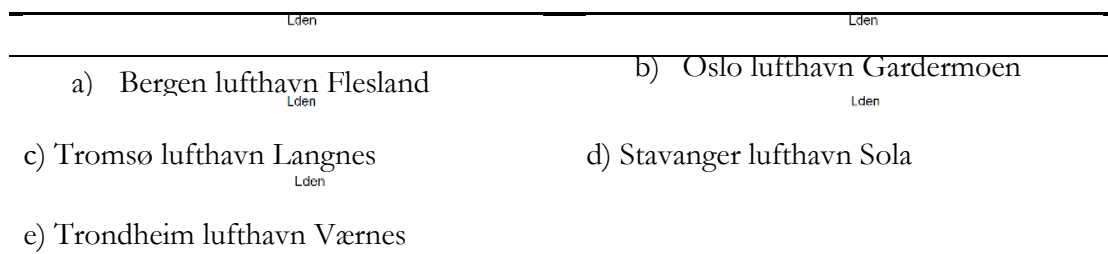
En rapportering av støyverdier med kun to desimaler blir for grovt: Trolig kreves det langt flere desimaler for å presist fange opp støyendringer per adresse ved en liten endring i flytrafikken. Dersom tallene avrundes til to desimaler, vil det innebære at vi som oftest beregner en marginal støyendring 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.

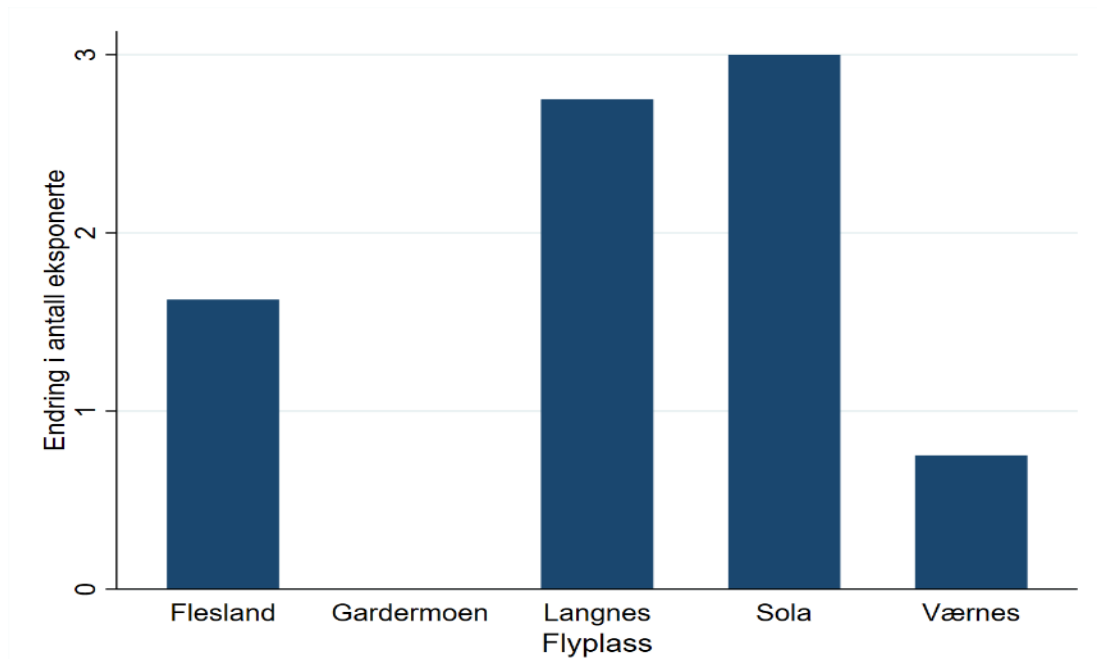
27.5.2 Antall eksponerte bygninger

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.

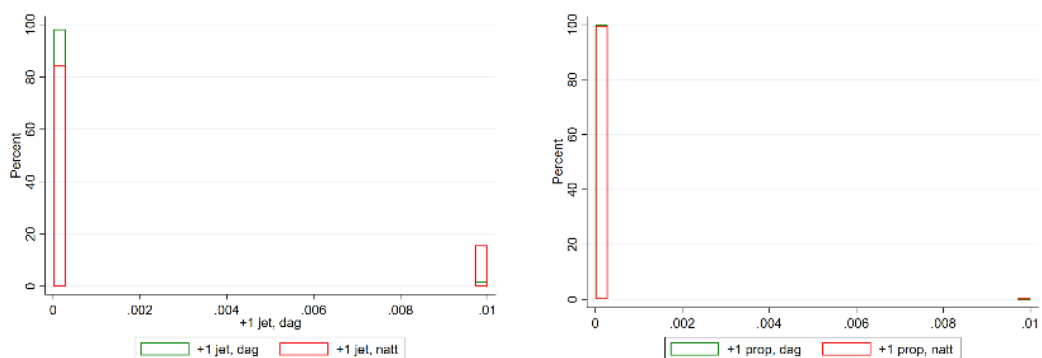


Figur 27.9: Gjennomsnittlig endring i antall eksponerte bygninger mellom scenarioer S1-S8 og basisscenarioet.

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

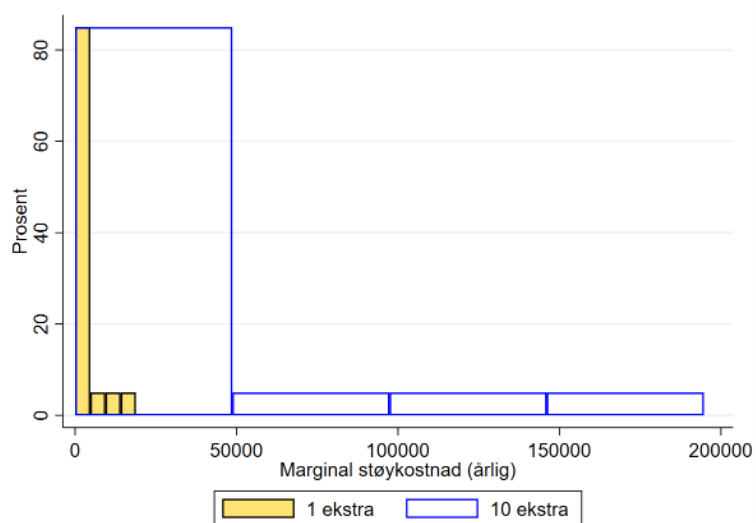
Figur 27.10: Histogram over støyendringer per adresse ved Tromsø lufthavn Langnes, etter tid på døgnet og flytype (Panel a: Jetfly; Panel b: Turboprop)

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)

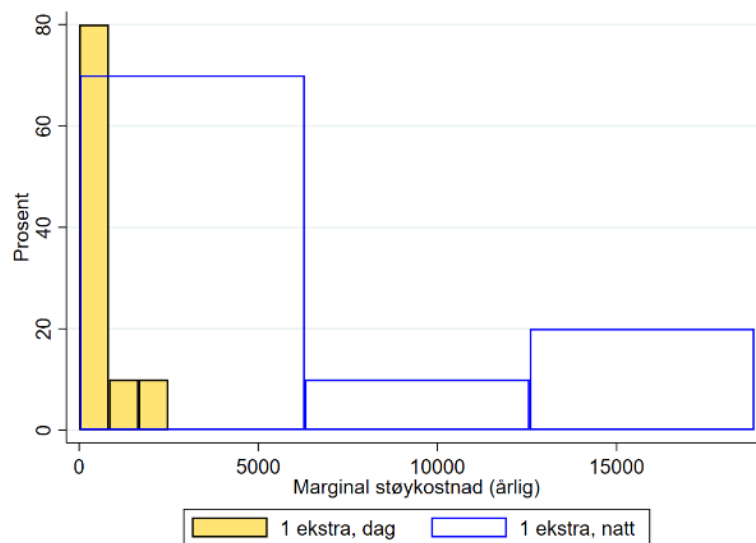
27.5.4 Marginale støykostnader

Avslutningsvis tar vi for oss de beregnede marginal støykostnadene, og hvordan disse varierer over ulike scenarier og flyplasser.



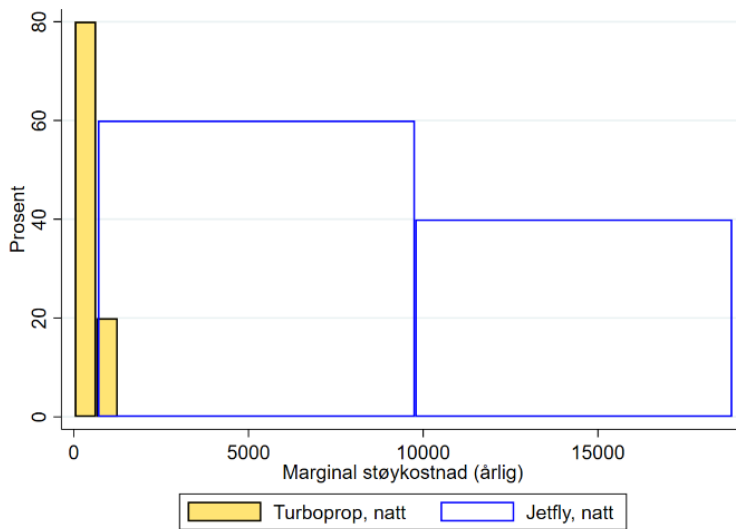
Figur 27.11: Fordelingen av årlig marginal støykostnad per adresse, etter trafikkendring.

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.



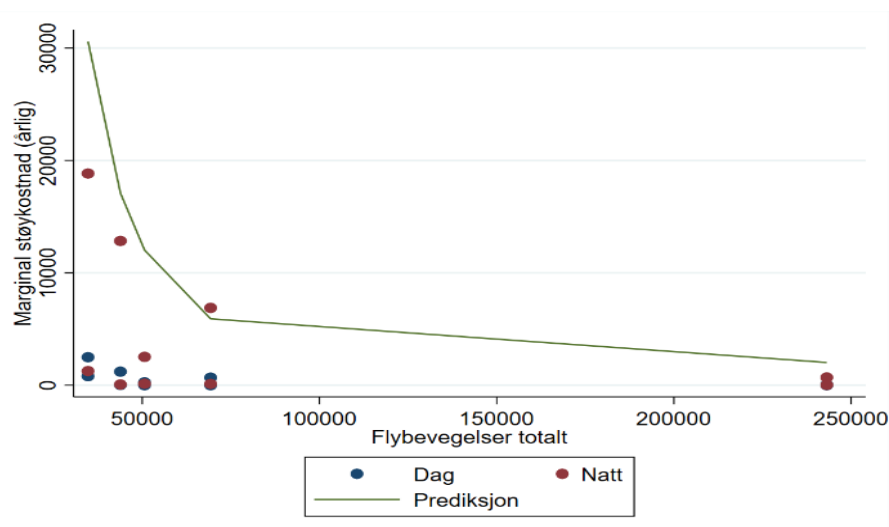
Figur 27.12: Fordelingen av årlig marginal støykostnad per adresse ved en ekstra flyavgang, etter tid på døgnet.

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} .



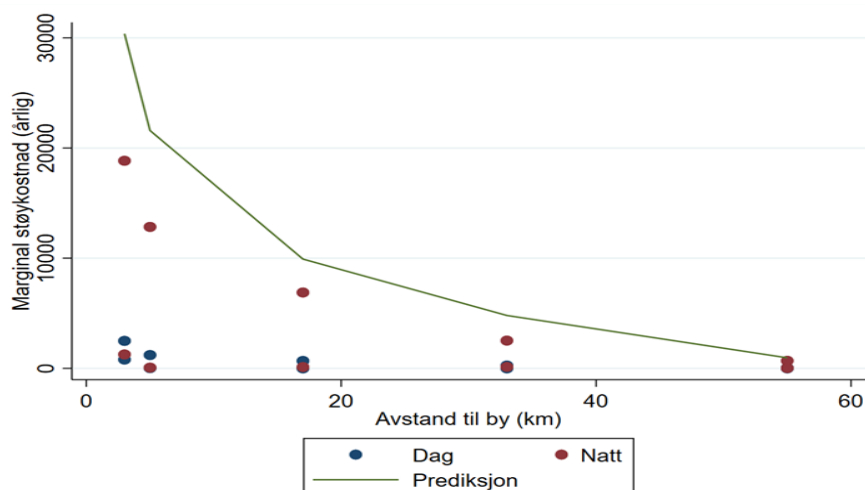
Figur 27.13: Fordelingen av årlig marginal støykostnad ved en ekstra flyavgang om natten, etter flytype.

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 transport og generell transportøkonomi.

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

Besøks- og postadresse:

Transportøkonomisk institutt
Gautstadalléen 21
NO-0349 Oslo

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