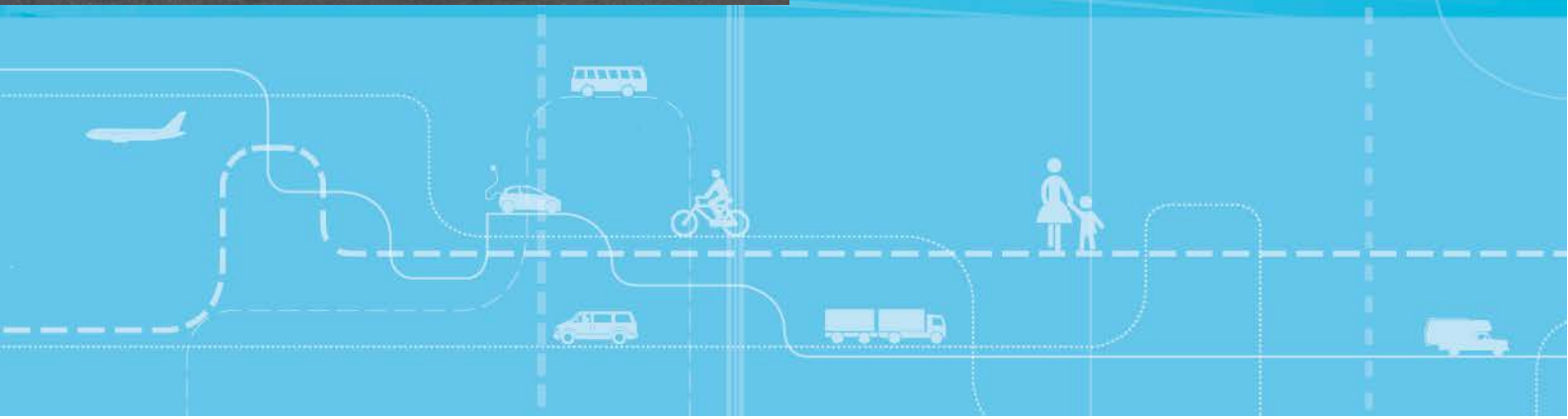


Motorsykkelsikkerhet



Motorsykkelsikkerhet

Alena Høye

Forsidebilde: bmwblog.com (<http://www.bmwblog.com/2016/03/15/bmw-motorrad-scores-big-motorrad-magazines-motorcycle-year/>)

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 | Motorsykkelsikkerhet | Title | Motorcycle safety |
| Forfatter(e): | Alena Høye | Author(s) | Alena Høye |
| Dato: | 09.2016 | Date: | 09.2016 |
| TØI rapport | 1517/2016 | TØI Report: | 1517/2016 |
| Sider: | 63 | Pages: | 63 |
| ISBN elektronisk: | 978-82-480-1741-7 | ISBN Electronic: | 978-82-480-1741-7 |
| ISSN: | 0808-1190 | ISSN: | 0808-1190 |
| Finansieringskilde(r): | Statens vegvesen, Vegdirektoratet; Samferdselsdepartementet | Financed by: | The Norwegian Public Roads Administration; Ministry of Transport |
| Prosjekt: | 1175 - Trafikksikkerhåndboken | Project: | 1175 - Handbook of Road Safety Measures |
| Prosjektleder: | Alena Høye | Project Manager: | Alena Høye |
| Kvalitetsansvarlig: | Michael W.J. Sørensen | Quality Manager: | Michael W.J. Sørensen |
| Fagfelt: | 21 - Sikkerhet og tiltak | Research Area: | 21 - Safety and crash countermeasures |
| Emneord: | Trafikksikkerhet; Motorsykel; Hjelm; Førerstøttesystem; Kjørellys; Verneklær | Keyword(s) | Road safety; Motorcycle; Helmet; Driver assistance system; Daytime running lights; Protective clothes; |

Sammendrag:

Denne rapporten inneholder oppdaterte versjoner av fem kapitler i Trafikksikkerhåndboken som handler om motorsykler. Blant de viktigste risikofaktorene for motorsyklister er høy fart og unge førere. I tillegg blir motorsykler ofte oversett i trafikken og er i mindre grad beskyttet mot skader enn personer i andre typer motorkjøretøy. R-sykler (racing replicas) har høyere risiko enn de fleste andre motorsykler, trolig i hovedsak fordi de ofte førere som er unge og/eller glade i høy fart. Motorvolum eller -effekt har ikke noe sammenheng med ulykkesrisikoen. Bruk av kjørellys har vist seg å redusere innblandingen i flerpartsulykker i dagslys med omtrent 40%. Bruk av hjelm har vist seg å redusere antall dødelige hodeskader med omtrent 60%, både på motorsykler og på firehjuls motorsykler. Risikoen for nakkeskader er redusert eller uendret. Vernetøy for motorsyklister, især med polstring, har vist seg å beskytte mest mot mindre skader og mot åpne sår, men ikke eller kun i liten grad mot brudd. ABS-bremser på motorsykel har vist seg å redusere antall personskadeulykker med omtrent 30%.

Summary:

The present report contains updated versions of five chapters of the Handbook of Road Safety Measures about motorcycle safety. Among the most important risk factors for motorcyclists are high speed and young riders. Other road users often fail to detect motorcycles and motorcyclists are more vulnerable to injuries than other motor vehicle occupants. Sports bikes have higher risk than most other motorcycles, mainly because rides of such bikes often are young and enjoy high speed. Engine volume or capacity were not found to be related to crash risk. Daytime running lights were found to reduce multi-vehicle crashes by about 40%. Motorcycles helmets reduce the risk of fatal head injuries by about 60% (also on all-terrain vehicles) while neck injuries are unchanged or reduced. Protective clothes protects mainly against minor injuries and open wounds, but has only limited effect on serious injuries and fractures. Antilock brakes for motorcycles were found to reduce injury crashes by about 30%.

Language of report: Norwegian

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

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

Forord

Denne rapporten inneholder fem kapitler i Trafikksikkerhetshåndboken som alle handler om motorsykkelsikkerhet. Kortere versjonen av kapitlene er også publisert i webutgaven av Trafikksikkerhetshåndboken.

Trafikksikkerhetshåndboken er et oppslagsverk som siden rundt 1980 oppdateres kontinuerlig på oppdrag av Statens vegvesen, Vegdirektoratet, og Samferdselsdepartementet. Boken inneholder per i dag 147 kapitler om ulike typer trafikksikkerhetstiltak, hvorav de fem kapitlene som er dokumentert i denne rapporten, handler om motorsykler.

TØIs prosjektleder har vært Alena Høye som også har skrevet rapporten. Oppdragsgiveres kontaktperson har vært Arild Ragnøy fra Vegdirektoratet. Morten Hansen fra NMCU har bidratt med nyttige kommentarer til tidligere versjoner av rapporten.

Michael W. J. Sørensen har stått for kvalitetssikring av rapporten. Trude Rømning har tilrettelagt rapporten for utgivelse elektronisk.

Oslo, august 2016
Transportøkonomisk institutt

Gunnar Lindberg
direktør

Michael W.J. Sørensen
avdelingsleder

Innhold

Sammendrag

Summary

| | |
|--|-----------|
| Innhold..... | I |
| 1 Bakgrunn..... | 1 |
| 2 Motorsykler, mopeder og ATV | 2 |
| 2.1 Problem og formål | 2 |
| 2.2 Beskrivelse av tiltaket..... | 7 |
| 2.3 Virkning på ulykkene | 8 |
| 2.3.1 Type motorsykel..... | 8 |
| 2.3.2 Passasjerer på motorsykler..... | 10 |
| 2.3.3 Refleks og synlige farger..... | 11 |
| 2.3.4 Andre tiltak for motorsykler | 11 |
| 2.3.5 ATV..... | 12 |
| 3 Motorvolum og motoreffekt..... | 13 |
| 3.1 Problem og formål | 13 |
| 3.2 Beskrivelse av tiltaket..... | 14 |
| 3.3 Virkning på ulykkene | 14 |
| 3.3.1 Store vs. små motorsykler | 14 |
| 3.3.2 Vektclasser for større motorsykler | 15 |
| 3.3.3 Forbud mot trimming av mopeder..... | 17 |
| 3.3.4 Forbud mot å kjøre tung motorsykel for unge førere | 17 |
| 4 Kjørelys..... | 19 |
| 4.1 Problem og formål | 19 |
| 4.2 Beskrivelse av tiltaket..... | 20 |
| 4.3 Virkning på ulykkene | 20 |
| 5 Hjelm og verneutstyr..... | 23 |
| 5.1 Problem og formål | 23 |
| 5.2 Beskrivelse av tiltaket..... | 27 |
| 5.3 Virkning på skaderisiko | 28 |
| 5.3.1 Virkninger av motorsykelhjelm | 28 |
| 5.3.2 Hjelmbruk og nakkeskader | 33 |
| 5.3.3 Hjelmbruk på ATV | 33 |
| 5.3.4 Utstyr på hjelmen | 34 |
| 5.3.5 Hjelmutforming og -testing | 34 |
| 5.3.6 Hjelmpåbud for motorsykkelførere og -passasjerer | 35 |
| 5.3.7 Vernetøy for motorsyklister..... | 36 |
| 5.3.8 Synlige klær og refleks..... | 38 |
| 6 Førerstøttesystemer..... | 40 |
| 6.1 Problem og formål | 40 |
| 6.2 Beskrivelse av tiltaket..... | 42 |

| | | |
|----------|----------------------------|-----------|
| 6.3 | Virkning på ulykkene | 44 |
| 6.3.1 | ABS-bremser | 44 |
| 6.3.2 | Slipper-clutch | 46 |
| 6.3.3 | Launch control..... | 46 |
| 6.3.4 | Antispinn | 46 |
| 6.3.5 | Automatisk nødbremse | 47 |
| 6.3.6 | ISA..... | 47 |
| 6.3.7 | Kurvevarsling | 47 |
| 6.3.8 | Kryssvarsling..... | 47 |
| 7 | Referanser | 48 |

Sammendrag

Motorsykkelsikkerhet

TØI rapport 1517/2016

Forfatter: Alena Høye

Oslo 2016 63 sider

Denne rapporten inneholder oppdaterte versjoner av fem kapitler i Trafikksikkerhetsboken som alle handler om motorsykler. Blant de viktigste risikofaktorene for motorsyklister er høy fart og unge førere. Promillekjøring er mindre utbredt blant motorsyklister enn blant bilførere. I tillegg blir motorsykler ofte oversett i trafikken og gir mindre beskyttelse mot skader enn andre typer motorkjøretøy. Litteraturstudier med fokus på studier som har undersøkt sammenhenger med eller virkninger på ulykkesinnblandingen eller skader i ulykker viser bl.a. følgende: R-sykler (racing replicas) har høyere risiko enn andre motorsykler, trolig i hovedsak fordi de ofte kjøres fortere og av yngre førere. Til tross for at høy fart er en av de viktigste risikofaktorene har motorsykkelenes motorvolum eller -effekt generelt sett ikke noe sammenheng med ulykkesrisikoen. Bruk av kjørellys (tente fronthyker ved kjøring i dagslys) har vist seg å redusere innblandingen i flerpartsulykker i dagslys med omtrent 40%. Bruk av hjelm på moped og motorsykkel har vist seg å redusere antall dødelige bodeskader med omtrent 60% og hjerneskader med 47%. Risikoen for nakkeskader er redusert eller uendret med hjelm. Virkningen er omtrent den samme på firehjuls-motorsykkel (ATV). Vernetøy for motorsyklister, især med polstring, har vist seg å beskytte mest mot mindre skader og mot åpne sår, men ikke eller kun i liten grad mot brudd. ABS-bremser på motorsykkel har vist seg å redusere antall personskaueulykker med omtrent 30%.

Denne rapporten inneholder oppdaterte versjoner av fem kapitler i Trafikksikkerhetsboken (www.tsh.toi.no) som alle handler om motorsykler og tiltak for motorsykler. Hvert av kapitlene handler om spesifikke risikofaktorer for motorsyklister og der det er relevant også for mopedister og ATV-førere. For hvert av kapitlene er det gjort litteraturstudier med et særlig fokus på studier som har undersøkt sammenhenger med eller virkninger på ulykkesinnblandingen eller skader i ulykker. De viktigste resultatene er oppsummert i det følgende.

Motorsykler, mopeder og ATV

Motorsykler, mopeder og ATV kjennetegnes av spesielle brukergrupper, bruksmønstre og kjørestiler. I tillegg har kjøretøyene spesifikke egenskaper som kan øke ulykkes- eller skaderisikoen. Blant de viktigste risikofaktorene for motorsyklister er unge førere og høy fart. Promillekjøring medfører en betydelig økning av ulykkesrisikoen, men er mindre utbredt blant motorsyklister enn blant bilførere. På firehjuls-motorsykkel (ATV) er det især unge førere, off-road kjøring, velt og promillekjøring som bidrar til alvorlige ulykker.

Ulykkesinnblandingen av ulike typer motorsykkel har i hovedsak sammenheng med bruksmønstre og kjørestil. R-sykler (racing replicas) har høyere risiko enn andre motorsykler, trolig i hovedsak fordi de ofte kjøres fortere og av yngre førere.

Passasjerer på motorsykkel ser ut til å øke ulykkesrisikoen, især blant unge førere, samtidig som skadegraden blir mindre.

Tiltak for motorsykler som potensielt kan redusere risikoen for ulykker eller alvorlige skader er forbedret tankutforming, kollisjonspulver og boksermotorer; med unntak for boksermotorer er dette imidlertid ikke empirisk undersøkt. Refleks og synlige farger på motorsykkelen har trolig liten eller ingen sammenheng med ulykkesinnblandingen.

På ATV kan veltebøyer potensielt beskytte mot alvorlige skader i velteulykker, men hvorvidt disse totalt sett øker eller reduserer skader er usikkert.

Motorvolum og motoreffekt

Høy fart er ofte en medvirkende faktor i motorsykkelykker. Likevel viser studier av sammenhengen mellom motorvolum eller -effekt og ulykkesrisiko at motorsykkelenes størrelse generelt sett ikke har noe sammenheng med ulykkesrisikoen. Kun for enkelte typer motorsykkel, førere og ulykkestyper har noen studier funnet en sammenheng mellom motorvolum og risiko for alvorlige ulykker.

Forbud mot å kjøre stor motorsykkel for unge førere ser ut til å påvirke hvilke motorsykler som er mest innblandet i ulykker (de som kjøres mest av nye førere), men ikke ulykkesrisikoen totalt sett for unge førere.

Kjørellys

Motorsykler er mindre enn de fleste andre motorkjøretøy og blir ofte oversett av andre trafikanter. En stor andel av kollisjonene med motorsykler er forårsaket av at andre ikke har sett motorsykkelen eller feilvurdert farten. Motorsykler som kjører med lys er lettere å oppdage i trafikken og det er mindre risiko for at farten blir undervurdert.

Bruk av kjørellys på moped og motorsykkel, dvs. tente frontlykter ved kjøring i dagslys, har vist seg å redusere innblandingen i flerpartsulykker i dagslys med omtrent 40%. Dette gjelder virkninger på motorsyklister som bruker vs. ikke bruker kjørellys.

Påbud om kjørellys for mopeder og motorsykler har vist seg å redusere det totale antall flerpartsulykker i dagslys med 10%. Dette gjelder alle motorsyklister i f.eks. et land med vs. uten påbud om kjørellys. Eneulykker ser også ut til å være redusert, ukjent av hvilken grunn. Videre tyder noen resultater på at virkningen er større på mer alvorlige ulykker.

Alternative frontlyskonfigurasjoner med supplerende lykter kan redusere ulykkesrisikoen, især i ulykker hvor biler svinger til venstre foran en møtende motorsykkel.

Hjelm og verneutstyr

Motorsyklister og personer på moped eller ATV er mer utsatt for høy skaderisiko og især for hodeskader, enn personer i andre typer motorkjøretøy.

Bruk av hjelm på moped og motorsykkel har vist seg å redusere antall dødelige hodeskader med omtrent 60% og hjernesker med 47%. Risikoen for nakkeskader er redusert eller uendret. Virkningen er omtrent den samme på ATV.

Helhjelm gir like god eller bedre beskyttelse enn delbare hjelmer og betydelig bedre beskyttelse enn halvhjelmer. Novelty-hjelmer som ikke er godkjent og uten støtabsorberende polstring, har omtrent ingen effekt på hodeskader. Hjelm som sitter for løst og/eller som faller av i ulykken, har ingen eller kun liten beskyttende effekt. Virkningen av hjelmbruken er større ved lavere fart enn ved høy fart og større på lette enn på tunge motorsykler.

Hvorvidt virkningen har økt over tid er usikkert. Det finnes potensiale for å forbedre hjelmutformingen, især for å gi bedre beskyttelse mot hjerneskrader som oppstår som følge av rotasjonsbevegelser i hodet.

Vernetøy for motorsyklister, især med polstring, har vist seg å beskytte mest mot mindre skader og mot åpne sår, men ikke eller kun i liten grad mot brudd. De typer vernetøy som gir størst beskyttelse er separate ryggbeskyttere (-50% ryggskader), støvler (-50% fotskader), hansker (-40% skader på hender), bukser (-25% skader på ben) og jakker (-18% skader på armer og overkropp). Synlige farger på klær og hjelm gjør det lettere for andre å oppdage motorsyklister og å vurdere farten. Det er funnet store reduksjoner av antall ulykker ved bruk av slikt utstyr, men disse skyldes trolig forskjeller i føreratferd.

Førerstøttesystemer

Det finnes potensielt mange mulige førerstøttesystemer for motorsykler, men det er hittil kun ABS-bremser som har fått en viss utbredelse og som er empirisk evaluert. ABS-bremser på motorsykkler har vist seg å redusere antall personskaeulykker med omtrent 30%. Virkningen er større for mer alvorlige ulykker enn for mindre alvorlige ulykker, større på våt veg enn på tørr veg og større med kombinerte bremses enn med vanlige bremses.

Andre aktive sikkerhetssystemer for motorsykler og mulige virkninger på ulykker er følgende: Slipper clutch reduserer faren for blokkerende hjul under nedgiring og kan ha en tilleggseffekt til ABS. Antispinn har trolig ikke noen stor effekt på ulykker. Automatisk nødbrems kan teoretisk påvirke utfallet i de fleste ulykkene hvor motorsykkelen bremses, men kan ha negative effekter på motorsykkelenes stabilitet. Intelligent fartstilpasning (intelligent speed adaptation, ISA) kan påvirke fartsrelaterte ulykker, men kan også ha uheldige virkninger, avhengig av utformingen. Kurve- og kryssvarsling kan påvirke ulykker i henholdsvis kurver og kryss.

Summary

Motorcycle safety

TØI Report 1517/2016

Author: Alena Høy

Oslo 2016 63 pages Norwegian language

The present report contains updated versions of five chapters of the Handbook of Road Safety Measures about motorcycle safety. Among the most important risk factors for motorcyclists are high speed and young riders, while drunk riding is not a common problem. Other road users often fail to detect motorcycles and motorcyclists are more vulnerable to injuries than other motor vehicle occupants. Literature studies were conducted with a focus on studies that have empirically investigated relationship to and effects on crashes and injuries. Among the results are the following findings: Sports bikes have higher risk than most other motorcycles, mainly because riders of such bikes often are young and enjoy high speed. Despite the relationship between speed and crash risk, engine volume or capacity were not found to be related to crash involvement. Daytime running lights were found to reduce multi-vehicle crashes by about 40%. Motorcycles helmets reduce the risk of fatal head injuries by about 60% (also on all-terrain vehicles) while neck injuries are unchanged or reduced. Protective clothes protects mainly against minor injuries and open wounds, but has only limited effect on serious injuries and fractures. Antilock brakes for motorcycles were found to reduce injury crashes by about 30%

The present report contains updated versions of five chapters of the Handbook of Road Safety Measures (www.tsh.toi.no and Elvik et al., 2009). Each of the chapters addresses specific topics within motorcycle safety and as far as empirical studies were available also safety of all-terrain vehicles (ATV). For each chapter a literature study was conducted with the main focus on finding studies that have empirically investigated relationships to and effects on crash involvement and injuries. Some of the most important findings are summarized in the following.

Motorcycles, mopeds and ATV

Different types of motorcycles, mopeds and ATV each have specific user groups with different personal characteristics and riding styles. Among the most important risk factors for motorcyclists are high speed and young rider age. Drunk and drug riding occur and are accompanied by high crash risk, but are less common than for example among car drivers. For ATV riders, young rider age, off-road riding, drunk riding and off-road riding are the most common crash contributing factors. Roll-over is a common and one of the most injury prone crash types for ATV. Roll-over bars may reduce injury risk in roll-overs, but some studies indicate that they in some situations increase injury risk.

The crash involvement of different types of motorcycles is mainly related to rider characteristics and riding style. For example, unregistered cross motorcycles were in a Norwegian study found to be involved in a number of fatal crashes with young riders most all whom had at several of the following risk factors: Unlicensed, drunk, loaned or stolen bike, several criminal charges, riding at night (without lights) and riding with passenger (these bikes are not meant for riding with passengers). Sports bikes were in many studies found to have higher crash risk than other types of motorcycle, mainly because riders of such motorcycles enjoy speed and often are young.

Several studies indicate that passengers on motorcycles increase crash risk, especially among young riders. The severity of crashes is however reduced with passengers, most likely because speed on average is lower when riding with passenger than when riding alone.

Boxer engines on motorcycles have been found to reduce leg injuries. Improved design of fuel tanks and airbags may also reduce injury severity, but these measures have not yet been empirically investigated in real-world crashes. Reflective markings and bright colors were not found to reduce crash involvement.

Engine volume and capacity

Although high speed is a common contributing factor in motorcycle crashes, most studies failed to find a relationship between engine size or capacity and crash involvement. Relationships were only found for specific types of motorcycles or riders in some studies. For example, larger engines were in one study found to be related to involvement in crashes in curves, and sports motorcycles with large engines were in another study found to have more single vehicle crashes than sports motorcycles with smaller engines. Several studies found that motorcycles with specific classes of engine size - those most used by novice riders - are overrepresented in crashes.

Restrictions on engine size for novice riders were not found to reduce crash risk among novice riders, only the type of motorcycle used by crash involved novice riders.

Daytime running lights

Motorcycles are smaller than most other motor vehicles and other road users often fail to detect motorcycles. A major part of collisions with motorcycles are caused by other drivers who had not seen the motorcycle or underestimated its speed. Motorcycles with front lights are more likely to be detected and other road users are less likely to underestimate their speed.

Daytime running lights on motorcycles and mopeds were found to reduce involvement in multi-vehicle crashes by about 40% (refers to crash involvement of individual motorcyclists). Mandatory daytime running lights were found to reduce the total number of multi-vehicle crashes with motorcycles by about 10% (refers to crash occurrence in a motorcyclist population). Even single vehicle crashes were found to be reduced, but this may be a methodological artefact.

Alternative front light configurations may reduce crash involvement, especially collisions between a motorcycle travelling straight on and an oncoming vehicle about to turn left. However, this remains to be documented empirically.

Helmets and protective clothing

Motorcyclists and ATV occupants are more vulnerable to injuries, especially head injuries, than occupants of other types of motor vehicles.

Helmet use on motorcycles and ATV was found to reduce fatal head injuries by about 60% and brain injuries by 47%. Neck injuries are reduced or unchanged.

Full face helmets were found to provide somewhat better protection than modular helmets and far better protection than open face or half helmets. Novelty helmets do not seem to provide any protection. Unfastened or loosely fastened helmets may fall off in a crash and will then lose most of their protective effect. In general, helmet effects increase at decreasing speed and are greater on light motorcycles than on heavy motorcycles.

It was hypothesized that helmets have become more effective over time, but consistent empirical support for this hypothesis was not found. Helmet design has still some potential for improvement, especially regarding protection against brain injuries.

Protective clothes for motorcyclists were found to protect against minor injuries and open wounds, but they provide no or only minor protection against fractures and other serious injuries.

Motorcyclists wearing high-visibility clothes and helmets are more likely to be detected by other road users and the inclination to underestimate motorcycles' speed is reduced. Empirical studies found large crashes reductions among motorcyclists wearing high-visibility clothes or helmets but a part of the effects is probably due to a lack of control for rider behavior.

Rider assistance systems

Among rider assistance systems only antilock brakes have been investigated empirically. On average, antilock brakes on motorcycles were found to reduce crash involvement by about 30%. Greater effects were found on more serious crashes and on crashes on wet roads than on other crashes. Effects improve in combination with integrated braking systems.

Among other active safety systems for motorcycles and potential effects on crashes are the following: Slipper clutch prevents wheel lock-up while shifting down and may improve the effects of antilock brakes. Anti-spin is not likely to have any large effects on crash involvement. Automatic emergency brake may theoretically affect the outcome in a large proportion of motorcycle crashes, but may adversely affect motorcycle stability. Intelligent speed adaptation (ISA) may affect speed related crashes, but may also have adverse effects on motorcycle stability. Curve and intersection warning may potentially prevent crashes in curves and at intersections.

1 Bakgrunn

Denne rapporten inneholder oppdaterte versjoner av fem kapitler i Trafikksikkerhetshåndboken (www.tsh.toi.no) som alle handler om motorsykler og tiltak for motorsykler:

- Motorsykler, mopeder og ATV (kapittel 4.24 i Trafikksikkerhetshåndboken)
- Motorvolum og motoreffekt (kapittel 4.22 i Trafikksikkerhetshåndboken)
- Kjørelys (kapittel 4.6 i Trafikksikkerhetshåndboken)
- Hjelm og verneutstyr (kapittel 4.11 i Trafikksikkerhetshåndboken)
- Motorsykler, mopeder og ATV (kapittel 4.24 i Trafikksikkerhetshåndboken)
- Førerstøttesystemer (kapittel 4.31 i Trafikksikkerhetshåndboken).

Alle kapitler har samme oppbygging (Problem og formål; Beskrivelse av tiltaket; Virkning på ulykkene). I webversjonen av Trafikksikkerhetshåndboken er kortere versjoner av de fem kapitlene publisert og disse inneholder i tillegg avsnitt om virkning på framkommelighet, virkning på miljøforhold, kostnader, nytte-kostnadsvurderinger samt formelt ansvar og saksgang.

2 Motorsykler, mopeder og ATV

Motorsykler, mopeder og ATV kjennetegnes av spesielle brukergrupper, bruksmønstre og kjørestiler. I tillegg har kjøretøyene spesifikke egenskaper som kan øke ulykkes- eller skaderisikoen. Blant de viktigste risikofaktorene blant motorsyklister er unge førere og høy fart. Promillekjøring medfører en betydelig økning av ulykkesrisikoen, men er mindre utbredt blant motorsyklister enn blant bilførere. På firehjuls motorsykkel (ATV) er det især unge førere, off-road kjøring, velt og promillekjøring som bidrar til alvorlige ulykker. Ulykkesinnblandingen av ulike typer motorsykkel har i hovedsak sammenheng med bruksmønstre og kjørestil. R-sykler (racing replicas) har høyere risiko enn andre motorsykler, trolig i hovedsak fordi de ofte kjøres fortere og av yngre førere. Passasjerer på motorsykkel ser ut til å øke ulykkesrisikoen, især blant unge førere, samtidig som skadegraden blir mindre. Tiltak for motorsykler som potensielt kan redusere risikoen for ulykker eller alvorlige skader er forbedret tankutforming, kollisjonsputer og boksermotorer; med unntak for boksermotorer er dette imidlertid ikke empirisk undersøkt. Refleks og synlige farger på motorsykkelen har trolig liten eller ingen sammenheng med ulykkesinnblandingen. På ATV kan veltebøyer potensielt beskytte mot alvorlige skader i velteulykker, men hvorvidt disse totalt sett øker eller reduserer skader er usikkert.

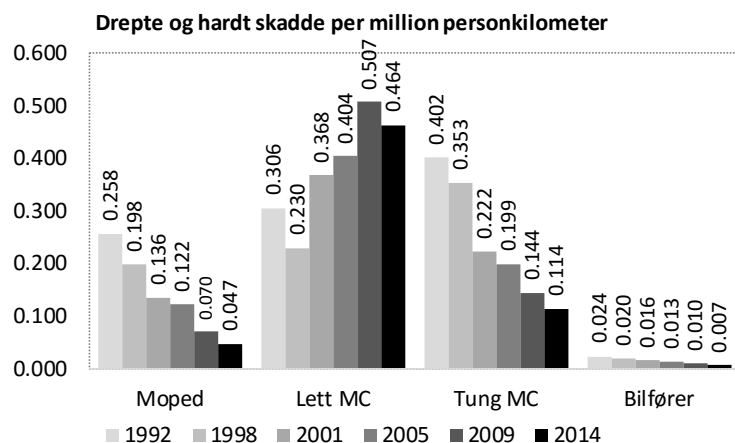
2.1 Problem og formål

Ulykker med motorsykler og moped: Mopedister og motorsyklister har både høyere ulykkesrisiko og høyere risiko for (alvorlige) personskader i ulykker enn andre trafikanter. Den relative risikoen for å bli drept eller hardt skadd i en ulykke (per mill. personkilometer, relativ risiko for en bilfører er satt lik én) var ifølge Bjørnskau (2016) i 2014:

- 17 på tunge motorsykler
- 70 på lette motorsykler
- 7 på moped.

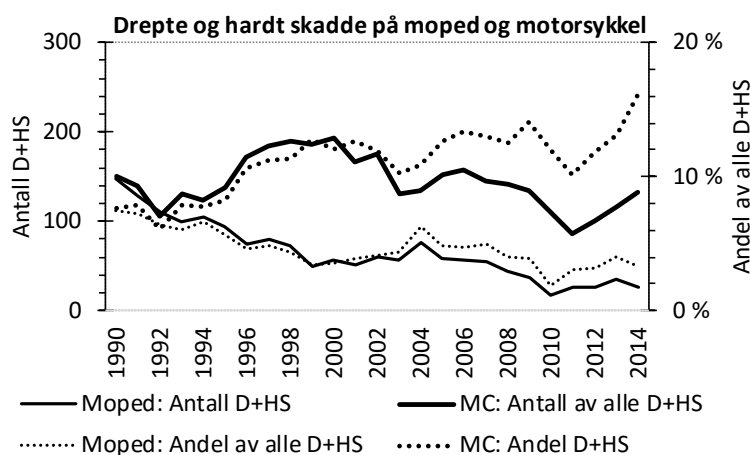
Lignende risikotall er også funnet i andre studier (f.eks. de Craen et al., 2011; Keall & Newstead, 2012; Ponte et al., 2015). Det gjennomsnittlige årlige antall drepte på motorsykkel i Norge har i 2009-2014 vært 19, mens det gjennomsnittlige antall skadde (alle skadegrader) har vært 513. De fleste av disse ble drept eller skadd på tung motorsykkel (89% av alle drepte og 80% av alle skadde). På moped ble i gjennomsnitt 2,6 personer drept og 330 skadd per år.

Utviklingen av risikoen for å bli drept eller skadd på moped, tung og lett motorsykkel og som bilførere over tid i Norge er vist i figur 1. Risikotallene er basert på skadetall fra offisiell ulykkesstatistikk og eksponeringstall som er basert på reisevaneundersøkelser (Bjørnskau, 2016). Risikoreduksjonen fra 1992 til 2014 har vært like stor for tunge motorsykler som for bilførere (-72%) og noe større for moped (-82%), mens risikoen for lette motorsykler har økt (+52%).



Figur 1: Personskaderisiko for førere og passasjerer på moped og motorsykkel og for bilførere (fem-års gjennomsnitt, risikoen for bilførere er ganget med 10; Bjørnskau, 2016).

Figur 2 viser hvor mange personer som ble drept eller hardt skadd på motorsykkel (tung eller lett) og på moped og hvilke andeler dette utgjorde av alle drepte og hardt skadde (D+HS) i Norge i 1990-2014. Det har vært en tendens til en nedgang av antall D+HS, både på motorsykkel og på moped (med stor variasjon fra år til år), og samtidig en tendens til en økning av andelen D+HS på motorsykkel av alle D+HS. Andelen D+HS på moped har gått ned, men i mindre grad enn antallene. Det gjennomsnittlige årlige antall skadde personer på moped eller motorsykkel var i 2010-2014 133 på tunge motorsykler, 36 på lette motorsykler og 61 på moped. De respektive antallene drepte og hardt skadde var 37, åtte og fem.



Figur 2: Antall drepte og hardt skadde (D+HS) på motorsykkel (tung og lett motorsykkel) og moped og andelene av alle D+HS i Norge, 1990-2014.

De mest typiske ulykkestypene med motorsykler er eneulykker, mens de mest typiske ulykkestypene med moped er kryssulykker. Andelene av alle drepte og hardt skadde på de respektive kjøretøytypene i 2010-2014 var:

- Tung motorsykkel: Eneulykker, især utforkjøring (48%), fulgt av kryssulykker (18%) og møteulykker (15%)
- Lett motorsykkel: Eneulykker, især utforkjøring (42%), fulgt av kryssulykker (27%)
- Moped: Kryssulykker (32%), fulgt av eneulykker (27%).

Ut fra andelen drepte og hardt skadde av alle skadde og drepte er møteulykker den mest alvorlige ulykkestypen, både for tunge motorsykler og moped, fulgt av utforkjøringsulykkene. Av alle skadde på tunge motorsykler i møteulykker er 37% drept eller hardt skadd, mens andelen er 14% på moped og 18% på lette motorsykler.

Ulykker med ATV: I Norge har det i årene 2005-2014 vært ca. to personer hvert år som ble drept i ulykker med firehjuls motorsykkel (all terrain vehicle, ATV). Ifølge ulykkesanalysegruppene (UAG) var de fleste av disse førere på ATV (82%) og menn (76%), gjennomsnittsalderen var 39 år (mellom 13 og 86 år). De fleste ulykker var eneulykker (82%) og skjedde på kommunal veg (41%), riks- eller fylkesveg (til sammen 41%) eller privat veg (12%). Resultatene ligner på resultatene fra en analyse av 50 dødsulykker med ATV i Sverige i 2007-2012 (Gustafsson & Eriksson, 2013). Den svenske studien viste også at de fleste drepte var førere (96%) og menn (94%) og at de fleste ulykker var eneulykker (86%).

I offisiell personskadestatistikk i Norge er ATV ikke en egen kjøretøykategori. Risikoberegninger foreligger heller ikke for ATV. En forskjell mellom ulykker med ATV vs. ulykker med moped eller motorsykkel er at alvorlige ulykker med ATV ofte medfører at ATVen velter, noe som kan medføre at føreren blir klemt inn under kjøretøyet. De vanligste ulykkestypene i ATV-ulykker i Sverige er utforkjøring (26%), at ATV velter over føreren (22%), kollisjon med fast objekt (20%) og at føreren ble kastet av (16%) (Gustafsson & Eriksson, 2013). I studier fra andre land er andelen alvorlige ulykker med ATV hvor ATVen velter, mellom 42% og 85% (Balthrop et al., 2007; Brandenburg et al., 2007; Godding, 2014; McIntosh et al., 2016; Jennissen et al., 2016; Lower et al., 2014, 2016). Andelen som velter er større i off-road ulykker (63%) enn i ulykker i trafikk (25% av ulykkene som ikke er kollisjoner; Hall et al., 2009) og større blant gårdsarbeidere enn blant fritidsførere (McIntosh et al., 2016). Blant førere som er drept i velteulykker med ATV, er det en stor andel som dør av kvelning etter å bli klemt inn under ATVen (Wordley & Field, 2012), især blant bønder (McIntosh et al., 2016).

Risikoen for at føreren (eller passasjerer) blir drept i ulykken er 4,6 ganger så stor når vedkommende blir truffet av ATVen i ulykken og 10,4 ganger så stor når ATVen velter over vedkommende, enn når treff/velt ikke skjer (Shurulf & Balemi, 2010). De fleste skader i alvorlige ATV-ulykker er brudd, især i ryggrad og ribbene (Balthrop et al., 2007). Velt med ATV medfører de mest alvorlige hodeskader når ATVen velter i kjøreretningen eller bakover, og de minst alvorlige hodeskadene når føreren hopper av. Skader på armer og bein derimot er mest alvorlige når føreren hopper av og minst alvorlige når ATVen velter i kjøreretningen eller bakover (Jennissen et al., 2016).

Studier fra USA viser at det er forskjeller mellom ATV-ulykker på offentlig veg og i terrenget. Eksempelvis viser Denning et al. (2013A) at ATV-førere i ulykker på offentlig veg dobbelt så ofte er påvirket av alkohol, halvparten så ofte bruker hjelm og ca. tre ganger så ofte har hjerneskader (når man kontrollerer for hjelmbruken) som ATV-førere i ulykker i terrenget.

Kollisjoner: Det er flere faktorer som bidrar til høy ulykkesrisiko med motorsykel. Minst halvparten av motorsykkellulykkene er kollisjoner med andre kjøretøy, både i Norge og i andre land (de Craen et al., 2011). Flere studier viser at omtrent to tredjedeler av alle kollisjoner mellom en motorsykel og et annet kjøretøy er forårsaket av det andre kjøretøyet (Clarke et al., 2004; Haque et al., 2009; Høye et al., 2016; Nordkvist & Gregersen, 2010; de Rome & Senserrick, 2011). Det er imidlertid ikke alltid lett å vurdere hvilken part som har vært den utløsende. Blant dødsulykkene i Norge med motorsykler i 2005-2014 er det for 7% av ulykkene vurdert at de er forårsaket i samspill mellom motorsykel og motpart. Et typisk eksempel på slike ulykker er en kollisjon mellom en motorsykel som kjører rett fram i et kryss og en møtende bil som skal svinge til venstre. Slike ulykker (og andre ulykker hvor motparten ikke overholder vikeplikten) skjer ofte fordi motparten ikke har sett motorsykkelen.

Synlighet: Et særskilt problem for mopeder og motorsykler er at de ofte ikke blir sett av førere av andre kjøretøy (Vlahogianni et al., 2012). Det kan være flere årsaker til dette. For det første er motorsykler mindre enn biler og som regel utstyrt med kun én frontlykt. De kan dermed være vanskelige å oppdage, særlig forfra. For det andre er førere av andre kjøretøy ofte ikke innstilt på å se etter motorsykler, bl.a. fordi motorsykler er sjeldnere i trafikken enn f.eks. personbiler (Huang & Preston, 2004; Bjørnskau et al., 2010; se også kapittel 4.8). At motorsykler er sjeldne kan imidlertid ikke forklare hele problemet. Ifølge de Craen et al. (2011) har motorsykkelførere ikke høyere risiko om vinteren og våren når det kun er få motorsykler på vegene, enn om sommeren (det er imidlertid trolig også forskjeller mellom motorsykkelførere som kjører om vinteren og en gjennomsnittlig motorsykkelfører om sommeren). I tillegg har førere av andre kjøretøy ofte problemer med å vurdere farten på motorsykler. Farten blir ofte undervurdert, og bilførere har i gjennomsnitt mindre sikkerhetsmarginer og aksepterer kortere tidsluker når de svinger inn på en veg eller skifter kjørefelt foran en motorsykel enn foran et annet kjøretøy (Brenac et al., 2006; Clarke et al., 2007; Haque et al., 2012; Horswill et al. 2005). Ifølge de Craen et al. (2011) har bilister mindre respekt for vikeplikten overfor motorsykler enn overfor biler i situasjoner hvor bilisten skal svinge til venstre og har vikeplikt for møtende trafikk.

Tekniske feil på motorsykkelen: Det er kun få motorsykkellulykker hvor tekniske feil på motorsykkelen har vært medvirkende faktor i ulykken. I dødsulykkene med motorsykler i Norge i 2005-2014 har tekniske feil vært medvirkende faktor i 3% av ulykkene (slitte eller flate dekk, motorhavari). I ytterligere 7% av ulykkene kan tekniske feil (især slitte dekk) i noen grad ha bidratt til at ulykken skjedde. Andelen med tekniske feil var størst blant lette motorsykler (13%). Også MAIDS-studien (MAIDS, 2009) viser at feil på motorsykkelen var en medvirkende faktor kun i en liten andel av motorsykkellulykkene.

Førere av **uregistrerte motorsykler** viser ifølge en australsk studie (Bambach et al., 2012) over dobbelt så ofte risikoatferd som førere av registrerte motorsykler. Analysen av dødsulykkene med motorsykler i Norge i 2005-2014 tyder også på at førere av uregistrerte motorsykler er en spesiell risikogruppe. Førerne av uregistrerte cross-motorsykler viste langt mer ekstrematferd som kjøring i beruset tilstand eller godt over fartsgrensen og de fleste kjørte uten gyldig førerkort (Høye et al., 2016).

Egenskaper ved førerne: Personlige egenskaper som har sammenheng med ulykkesrisikoen, er bl.a. alder og årlig kjørelengde. Motorsyklister som er innblandet i dødsulykker er i gjennomsnitt yngre enn bilførere (Høye et al., 2016). Økende alder har i flere studier vist seg å henge sammen med synkende ulykkesrisiko (Brown et al., 2015).

Motorsykkelførere under 35 år har mellom 2 og 4 ganger så høy risiko som de over 50 år (Haworth et al., 1997; Harrison & Christie, 2005; Bjørnskau et al., 2010; Keall & Newstead, 2012). I Norge har aldersgruppen 50 til 64 år den laveste ulykkesrisikoen. Blant forklaringene for den høye risikoen blant unge motorsykkelførere er lite erfaring, høy fart, kjøring i kompliserte trafikkmiljøer (Haworth et al., 1997) og kjøring om natten/i mørke (de Rome et al., 2016). For **ATV-førere** og –passasjerer ble det funnet langt høyere risiko i den yngste aldersgruppen (opptil 15 år) i studien til Rodgers & Adler (2001). De yngste hadde 12 ganger så høy risiko for å bli skadd som førere over 45, mens førere mellom 16 og 45 år hadde 3,9 ganger så høy risiko (det er kontrollert for bl.a. ATVens motorstørrelse og førerens erfaring, men ikke for hjelmbruken som normalt er høyest blant de yngste). Blant alvorlig skadde ATV-førere var gjennomsnittsalderen lavere blant dem som hadde kjørt med passasjer enn blant dem som hadde kjørt alene (Jennissen et al., 2016).

Menn og kvinner har i ingen av de nevnte studiene forskjellig ulykkesrisiko. Likevel viser en studie fra Australia at menn omtrent dobbelt så ofte som kvinner viser risikoatferd. Det er især unge menn (< 35 år) som kjører på kvelder i helgene som ofte viser risikoatferd (4,5 ganger så ofte som andre førere; Bambach et al., 2012). En forskjell mellom menn og kvinner er at de aller fleste skadde eller drepte menn er motorsykkelførere, mens en tredjedel av de skadde eller drepte kvinnene var passasjerer på motorsykkelen (de Craen et al., 2011).

Førerens **trøtthet** eller **sykdom** eller at ulykken var **selvvalgt** har i dødsulykker med motorsykel i Norge i 2005-2014 vært medvirkende faktor i til sammen 2,8% av ulykkene (Høye et al., 2016). Dette er langt mindre enn blant drepte bilførere hvor til sammen omtrent 25% har vært trøtte, syke eller begått selvmord.

Flere studier har vist at ulykkesrisikoen (ulykker per kjøretøykilometer) går ned med økende **kjørelengde** (Bjørnskau et al., 2010; Harrison & Christie, 2005). Førere som kjører mindre enn 2000 km per år har 2 til 4 ganger så høy ulykkesrisiko som førere som kjører over 6000 km per år.

Fart og rus: Fart og rus er viktige medvirkende faktorer i mange alvorlige ulykker med motorsykler. I dødsulykkene med motorsykler i Norge i 2005-2014 har høy fart vært medvirkende faktor i 44% av ulykkene. Av alle drepte motorsykkelførerne har 16% vært påvirket av alkohol og/eller andre rusmidler (8% av kun alkohol, 4% av kun andre rusmidler og 4% av alkohol og andre rusmidler; Høye et al., 2016). Lignende resultater ble funnet i studier fra andre land. F.eks. viste Jama et al. (2011) at høy fart har vært medvirkende faktor i 47% av dødsulykkene i Australia og New Zealand i 2001-2006, mens 18% av de drepte motorsykkelførerne var påvirket av alkohol. I USA er det større andeler av motorsyklistene som er påvirket av alkohol. I 2008 hadde 37% av alle drepte motorsykkelførerne kjørt med promille (30% med over 0,8 i promille), mens 64% av dem som ble drept i eneulykker på kvelder i helgene hadde promille over 0,8 (NHTSA, 2009). I Norge var alkohol mindre utbredt blant drepte motorsykkelførere enn blant drepte bilførere (12% vs. 19%; Høye et al., 2016).

Blant førerne av **ATV** ser alkohol ut til å være mer vanlig enn både blant motorsykkelførere og blant bilførere. Blant de innblandede førerne av ATV i dødsulykker i Norge i 2005-2014 var 29% påvirket av alkohol og 6% var påvirket av andre rusmidler. I Sverige var 61% av alle drepte ATV-førerne i 2007-2012 påvirket av alkohol, 48% med en promille over 1,0. Dette gjelde alle som ble testet, blant alle var andelen med promille 56% (Gustafsson & Eriksson, 2013). Gjennomsnittlig promille var 1,7 i Sverige. I USA var andelen blant drepte personer på ATV i 1985-2009 som var påvirket av alkohol eller narkotika, henholdsvis 45% og 9,5% på veier og henholdsvis 30% og 5,7% off-road (Denninger et al., 2013B). Enkelte studier har funnet enda høyere andeler av skadde eller drepte ATV-førere som var påvirket av alkohol (f.eks. 49% blant drepte ATV førere i studien til Hall et al., 2009).

Kjørestil: Motorsykkelførernes kjørestil, f.eks. høy fart, kan tenkes å bidra til den høye ulykkes- og skaderisikoen. I dødsulykkene med motorsykkel i Norge i 2005-2014 har motorsykkelføreren vist minst en form for uaktsom atferd som høy fart, kjøring i beruset tilstand eller andre regelbrudd i to tredjedeler av ulykkene. Blant disse førerne, og især blant dem som var beruset, var det langt flere som i tillegg hadde kjørt uten gyldig førerkort, som ikke hadde brukt hjelm, som hadde kjørt en lånt, stjålet eller uregistrert motorsykkel og som hadde vært anmeldt for straffbare forhold i de siste ti årene før ulykken, enn blant førerne uten slik uaktsom atferd (Høye et al., 2016). På den andre siden viser Horswill & Helman (2003) for førere av tunge motorsykler at kjørestilen ikke kan forklare hele forskjellen i ulykkesrisikoen mellom motorsykler og andre motorkjøretøy og at motorsykkelførere er flinkere til å oppdage farlige situasjoner i trafikken enn bilførere. Disse resultatene tyder på at det er et fåtall motorsykkelførere med ekstrematferd som står for en stor del av risikoforskjellen mellom bilister og motorsykkelførere.

Motorsykler kjører forholdsvis ofte i **grupper** og gruppedynamikken kan i noen ulykker bidra til ulykkesforløpet. Likevel medfører kjøring i gruppe som regel mindre risikoatferd blant enkelte motorsykkelførere enn kjøring alene (Bambach et al., 2012).

Verneutstyr: At skadegraden blant personer på moped og motorsykkel i gjennomsnitt er høyere enn blant personer i biler kan forklares med at mopeder og motorsykler gir minimal beskyttelse mot personskader ved ulykker. Verneutstyr kan i noen grad beskytte mot skader. Verneutstyr og virkninger på skaderisikoen er beskrevet i kapittel 4.11.

2.2 Beskrivelse av tiltaket

Dette kapitlet oppsummerer studier av

- **Type motorsykkel** og sammenhengen med ulykkesinnblanding
- **Passasjerer på motorsykler** og ulykkesrisiko
- **Refleks og synlige farger** som skal gjøre motorsykkelen mer synlig i trafikken
- **Andre tiltak** for motorsykler som kun i liten grad er empirisk undersøkt: Tankutforming, kollisjonsputer, boksermotorer, karosseri, veltebøyler, kåper, vindskjermer og eikebeskyttelse
- **ATV og tiltak for ATV** som bl.a. antall hjul, veltebøyler og karosseri.

Ved utgangen av 2014 var det registrert omtrent 171.000 mopeder, 22.000 lette motorsykler og 135.000 tunge motorsykler, 77.000 beltemotorsykler (snøscootere) og 49.000 ATV i Norge (OFV, 2015).

2.3 Virkning på ulykkene

2.3.1 Type motorsykkel

Ulykkesrisiko: En type motorsykkel som ifølge Bjørnskau et al. (2010) er overrepresentert i alle typer ulykker og spesielt i dødsulykker, er såkalte R-sykler («racing replicas»). I Norge var R-sykler innblandet i 26% av alle dødsulykkene med motorsykler i 2005-2014.

Uregistrerte cross-motorsykler var innblandet i 6% av dødsulykkene. Dette er motorsykler som i tillegg til å være uregistrert, er uegnet for bruk på offentlig veg.

- **R-sykler:** R-sykler har i flere studier vist seg å ha betydelige høyere risiko enn andre typer motorsykkel. Resultatene lar seg ikke oppsummere med meta-analyse da alle studiene i ulike grader har kontrollert for relevante andre faktorer som bl.a. årlig kjørelengde. Alle studiene har felles at det ble funnet høyere ulykkesrisiko blant førere av R-sykler enn blant førere av andre typer motorsykkel.

Antall dødsulykker per registreringsår (uten kontroll for årlig kjørelengde) er ifølge Teoh og Campbell (2010) over dobbelt så høyt som for andre motorsykler for R-sykler og over fire ganger så høyt for R-sykler som er bygd om til konkurransesykler. de Rome & Senserrick (2011) viser at R-sykler har omtrent 50% flere dødsulykker per registreringsår som andre motorsykler, mens off-road og touring motorsykler har færrest dødsulykker.

Høyere ulykkesrisiko for R-sykler finner man også når man kontrollerer for andre faktorer. Ifølge Bjørnskau et al. (2010) har førere av R-sykler omtrent 2,2 ganger så høy risiko som en gjennomsnittlig motorsykkel når man kontrollerer for bl.a. førernes alder, holdninger og kjørelengde. Ifølge Harrison og Christie (2005) har førere av R-sykler 23% høyere ulykkesrisiko enn førere av andre typer motorsykkel og 74% høyere ulykkesrisiko enn førere av touring motorsykler (gjelder ulykker med alle skadegrader). Brown et al. (2015) viser at førere av R-sykler er omtrent 20 ganger så ofte involvert i alvorlige ulykker som førere av andre typer motorsykkel. Forklaringen på den høye ulykkesrisikoen for R-sykler er trolig førernes atferd, i kombinasjon med mulighetene slike motorsykler gir til høy akselerasjon og fart (se nedenfor).

- **Cross-motorsykler:** Cross-motorsykler har ifølge Harrison og Christie (2005) 2,8 ganger så høy ulykkesrisiko som en gjennomsnittlig annen motorsykkel. Risikofaktorer for slike motorsykler er bl.a. at førere ofte er unge, at de mangler erfaring med kjøring på offentlig veg og at motorsyklene ikke er egnet for kjøring på asfalt (knasterdekk med ugunstige kjøreegenskaper på asfalt, høyt tyngdepunkt).
- **Klassiske, touring og off-road motorsykler:** Disse har i flere studier vist seg å ha lavere ulykkesrisiko enn gjennomsnittet. Klassiske og touring-motorsykler har omtrent 50% lavere ulykkesrisiko enn gjennomsnittet (Harrison & Christie, 2005).
- **Scootere:** Ifølge Harrison og Christie (2005) har scootere 59% lavere ulykkesrisiko (ulykker per kjøretøykilometer; ikke signifikant) enn gjennomsnittet, mens de ifølge de Rome & Senserrick (2011) har 60% flere ulykker (ulykker per registreringsår; statistisk signifikant). Ingen av studiene har kontrollert for noen andre faktorer.
- **Lette motorsykler:** Risiko på lett motorsykkel er ifølge Bjørnskau (2016) omtrent fire ganger så høy som på tung motorsykkel. Førere av lette motorsykler er i gjennomsnitt yngre enn førere av tunge motorsykler, kjører oftere uten førerkort og uten hjelm, men like mye eller mindre med promille (Erdogan et al., 2013; Høye et al., 2016).

Medvirkende faktorer i ulykker med R-sykler: Førere av R-sykler som er innblandet i alvorlige ulykker har ifølge flere studier et spesielt atferdsmønster. R-sykkel-førere som er innblandet i alvorlige ulykker har oftere enn førere av andre motorsykler kjørt i høy fart, uten førerkort, og med hjelm, men de har i mindre grad vært påvirket av alkohol (de Rome & Senserrick, 2011; Teoh & Campbell, 2010). Høye et al. (2016) fant lignende resultater for førere av R-sykler som var innblandet i dødsulykker i Norge i 2005-2014, men i denne studien har førere av R-sykler omtrent dobbelt så ofte som andre kjørt i ruspåvirket tilstand (men uten at forskjellen er statistisk signifikant). Rome & Senserrick (2011) fant i tillegg økt forekomst av førerfeil. I Norge er førere av R-sykler også betydelig yngre i gjennomsnitt enn førere av andre typer motorsykkel (Bjørnskau, 2016; Høye et al., 2016). Brown et al. (2015) viser at forskjellen mellom førere av R-sykler og andre typer motorsykkel øker med økende alder, dvs. at eldre førere i større grad har økt risiko når de kjører R-sykkel enn yngre førere.

Førere av R-sykler kan også ha en annen kjørestil enn førere av andre typer motorsykkel. Bambach et al. (2013) viser at R-sykler i kollisjoner med rekkverk langt oftere enn andre typer motorsykkel sklir inn i rekkverket (istedenfor å kolliderer i oppreist stilling), noe som kan skyldes høy fart i kurver. I dødsulykker i Norge i 2005-2014 var det syv motorsyklister som hadde kjørt på bakhjulet og fem av disse hadde kjørt R-sykkel, de andre to street-fightere.

Jevtić et al. (2015) har sammenlignet farten i bytrafikken mellom ulike typer motorsykkel. Resultatene viser at R-sykler har høyere gjennomsnittsfart og kjører oftere «ekstrem» fort enn biler. Scootere har lavere gjennomsnittsfart, mens klassiske, touring og off-road motorsykler har omtrent samme gjennomsnittsfart som biler.

Ulykkestyper med ulike typer motorsykkel: de Rome & Senserrick (2011) finner at scootere sjeldnere er innblandet i ulykker og sjeldnere er utløsende part i kollisjoner enn motorsykler. Dette gjelder i noe mindre grad også for klassiske og touring-motorsykler. Off-road motorsykler er oftere innblandet i ulykker, men sjeldnere den utløsende part i kollisjoner enn andre typer motorsykkel. For R-sykler og touring-motorsykler er ulykkesinnblandingen omtrent som for gjennomsnittet. R-sykler er oftere enn andre involvert i ulykker ved høy fart. Mye av sammenhengene mellom type ulykke og type motorsykkel skyldes at de ulike motorsyklene har ulike bruksmønstre. Scootere er særlig vanlige i bytrafikk, og det er derfor ikke overraskende at de oftere er involvert i kollisjoner. Off-road motorsykler kjøres trolig ofte i områder uten annen trafikk, noe som kan forklare at ulykkene dominerer for denne typen motorsykler.

I tillegg til studiene som er sammenfattet i dette kapitlet, tyder også analysene av dødsulykker i Norge (se under Problem og formål) og studier av sammenhengen mellom motorvolum og ulykkesrisiko (se kapittel 4.21) på at det i hovedsak er spesielle typer førere som er innblandet i de mest alvorlige ulykkene med R-sykler og at høy fart i stor grad er overrepresentert i ulykker med slike motorsykler. Høy fart kan også oppnås med andre typer motorsykkel og det er derfor lite sannsynlig at det er noen sikkerhetsgevinst å hente av å gjøre R-sykler (eller motorsykler med stort motorvolum) ulovlige eller spesielt dyre.

2.3.2 Passasjerer på motorsykler

Kjøring med vs. uten passasjer: Passasjerer på motorsykkel kan påvirke både risikoen for ulykker og ulykkesens alvorlighetsgrad. Motorsykkelen blir tyngre, vanskeligere å manøvrere og får lengre bremsestrekning med passasjer. Økt vekt fører også til at akselerasjonsevnen er redusert. Større motorsykler kjøres ifølge Sexton et al. (2004) oftere med passasjer enn mindre motorsykler. Passasjerer kan i tillegg virke distraherende og gjøre motorsykkelen ustabil, for eksempel ved brått å skifte sittestilling. Passasjerer kan også påvirke ulykkesforløpet (f.eks. hvordan føreren blir kastet av motorsykkelen). Ifølge MAIDS-studien hadde passasjerer bidratt til at ulykken skjedde i 9% av tilfellene (MAIDS, 2009).

Følgende studier har undersøkt virkningen av å kjøre motorsykkel med passasjer på antall ulykker:

Haworth et al., 1997 (Australia)

Nunn, 2011 (USA)

Moskal et al., 2012 (Frankrike)

Jou et al., 2012 (Taiwan)

Zulkipli et al., 2012 (Malaysia)

Denning et al., 2013 (USA)

Resultatene viser at førere av motorsykler med passasjer har 16% høyere risiko for å være innblandet i ulykker (konfidensintervall [-12; +20]), og 6% lavere risiko for å bli drept i en ulykke (konfidensintervall [-17; +6]). Selv om begge effektene er ikke-signifikante, kan resultatene likevel vise en tendens. Forklaringen er at passasjerer har en ugunstig effekt på manøvrerbarhet og bremselengde (flere ulykker), men fører til lavere fart (mindre alvorlige ulykker). Konklusjonen får støtte av Savolainen & Mannering (2007) som viser at motorsykkelførere som er innblandet i en ulykke, i gjennomsnitt har mindre alvorlige skader når de har kjørt med passasjer enn når de har kjørt uten passasjer.

I studien til Quddus et al. (2002) ble det funnet at antall alvorlige skader øker med 29% og at antall drepte øker med 40% i motorsykkelulykker med passasjer, sammenlignet med motorsykkelulykker uten passasjer. Dette kan imidlertid være en følge av at det er flere personer innblandet i ulykker med passasjer enn i ulykker uten passasjer.

Passasjerer har ifølge Preusser et al. (1998) forskjellige virkninger i ulike aldersgrupper. Resultatene tyder på at unge førere oftere er innblandet i ulykker hvor de selv er den skyldige når de kjører med passasjerer enn når de kjører uten. Eldre førere er sjeldnere innblandet i ulykker hvor de selv er den skyldige når de kjører med passasjerer. Andelen som kjørte med passasjer var i denne studien høyest blant 16-åringene (65%), og avtar deretter med økende alder til 35% blant førere over 30 år. Også føreratferdsstudier viser at unge førere kjører mer risikabelt med enn uten unge passasjerer (Simons-Morten et al., 2005).

Passasjer vs. fører: Risikoen for ulykker og skader blant passasjer på motorsykkel er sammenlignet med risikoen blant førerne i de følgende studiene:

Moskal & Laumon, 2008 (Frankrike)

Zulkipli et al., 2012 (Malaysia)

Denning et al., 2013 (USA)

Erhardt et al., 2016 (USA)

Resultatene er inkonsistente. Passasjerer har høyere risiko for å bli drept enn førere (41% (+19; +67)) ifølge Denning et al. (2015), samme risiko for hodeskader (-2% (-17; +15)) ifølge Moskal & Laumon (2008) og Erhardt et al. (2016) og lavere risiko for ryggskader (-40% (-61; -7)) ifølge Zulkipli et al. (2012). I dødsulykkene med motorsykkel i Norge i 2005-2014 er 226 av 247 førere drept (91%), mens 23 av 38 passasjerer (61%) ble drept. Dette innebærer at førere har 6,5 (+3,3; +12,9) ganger så høy risiko for å bli drept som passasjerer.

2.3.3 Refleks og synlige farger

Hvordan refleks og synlige farger på motorsykkelen påvirker ulykkesrisikoen er kun i liten grad empirisk undersøkt. Det er funnet to studier (Olson et al., 1981; Wells et al., 2004), og ingen av disse har funnet noen sammenheng mellom farger eller refleks på motorsykkelen og innblanding i personskadeulykker. Refleks og fluorescerende farger på motorsykkelbekledningen ser derimot ut til å ha en gunstig effekt (se kapittel 4.11).

2.3.4 Andre tiltak for motorsykler

For passive sikkerhetstiltak som kollisjonsputer, veltebøyer og kåper er det generelt vanskelig å estimere effekten ut fra teoretiske vurderinger eller kollisjonsforsøk pga. kompleksiteten i ulykkesforløpet og den store variasjonen mellom ulykkene (Di Tanna & Pieve, 2007).

Tankutforming og kollisjonsputer: Det er spesielt hode og overkropp som er utsatt for skader i frontkollisjoner, men det kan også oppstå skader i bekkenet og ben, f.eks. hvis disse blir hengende fast i motorsykkelen i sammenstøtet. Av alle bekkenskader oppstår 85% i kontakt med tanken og utformingen av tanken kan trolig redusere risikoen for slike skader (Meredith et al., 2016). Tankutformingen kan også påvirke måten føreren kastes av motorsykkelen på i sammenstøt, noe som kan påvirke det totale skadeområdet (Meredith et al., 2016).

Skader på hode og overkropp kan teoretisk reduseres med kollisjonsputer. Kollisjonsputer kan installeres foran føreren for å beskytte denne i frontkollisjoner. Dette er imidlertid kun prøvd ut i enkelte kollisjonsforsøk (Di Tanna & Pieve, 2007). I kollisjoner hvor motorsykkelen ikke er oppreist eller kolliderer i en skjev vinkel har kollisjonsputer trolig ingen eller liten effekt (Haworth & Schulze, 1996). Huang & Preston (2004) viste at kollisjonsputer for motorsykler kan øke skadeområdet i noen ulykker. Resultater fra en amerikansk studie (McCartt et al., 2011) tyder på at de fleste motorsykkelførere ikke har tro på at kollisjonsputer kan redusere skader i en ulykke (65% av de spurte) og at de aller fleste ikke ville vurdere å skaffe seg en motorsykkel med kollisjonspute (79% av de spurte).

Boksermotorer: Boksermotorer som f.eks. på BMWs R 1250 GS, har vist seg å redusere alvorlig beinskader i ulykker. Dette ble funnet i en studie av motorsykler med boksermotor som ble sammenlignet med lignende motorsykler med andre typer motor (Rizzi, 2015). Alle motorsykler i studien hadde ABS-bremser. Det ble ikke funnet forskjeller i skader på overkroppen, noe som indikerer at det ikke er andre faktorer som f.eks. forskjeller i ulykkesforløp eller ulykkesalvorlighet som kan forklare effekten av boksermotorer.

Karosseri: En «sikkerhetscelle» rundt førere som på BMWs C1 hadde gode resultater i kollisjonsforsøk, men medførte et høyt tyngdepunkt og førte til dårlige manøvreringsegenskaper. Produktet var så lite etterspurt (Di Tanna & Pieve, 2007) at det ikke lenger finnes slike motorsykler på markedet.

Veltebøyler, kåper og vindskjermer: Formålet med kåper er i hovedsak å bedre motorsykkelenes aerodynamikk. Veltebøyler har som hovedformål å beskytte motorsykkelen når den velter. Vindskjermer skal, avhengig av utformingen, enten forbedre aerodynamikken eller beskytte føreren mot vind, insekter mv. Både veltebøyler og kåper kan, avhengig av utformingen, også redusere skader på motorsykkelføreres ben i ulykker hvor benet kan komme i klem (Elliott et al., 2003). Noen eldre studier viste at veltebøyler og kåper reduserer benskader, men at antall skader på hode og overkropp øker (Hurt et al., 1981; Ross, 1983; Otte, 1994). Kollisjonsforsøk tyder på at veltebøyler kan føre til mer alvorlige skader på hode og overkropp, muligens også til flere benskader, men dette er avhengig av utformingen (Di Tanna & Pieve, 2007). En eldre studie (Hurt et al., 1981) viste at kåper og vindskjermer reduserer antall personskadeulykker, og forklarer dette med at kåpe og vindskjerm gjør motorsykler mer synlige. Utformingen av både veltebøyler og kåper har imidlertid endret seg mye etter at studiene ble gjennomført og resultatene er trolig ikke relevante for nyere motorsykler.

Eikebeskyttelse: Alvorlige skader som i hovedsak passasjerer på mopeder og (lette) motorsykler kan pådra seg, er skader på foten (især hælen) når denne kommer i klem mellom eikene. Både solide sko og eikebeskyttelse på moped/motorsykkel kan redusere risikoen for slike skader (Suri et al., 2007), men det er ikke funnet empiriske studier som forsøker å tallfeste virkningene.

2.3.5 ATV

Motorvolum: Butts et al. (2015) viser at førere/passasjerer som er skadd i ulykker med ATV har mer alvorlige skader og flere alvorlige hjerneskader når ATVen har 350 eller mer CCM enn når den har mindre motor. De aller fleste hadde ikke brukt hjelm (den eneste med hjelm hadde kjørt ATV med motor over 350 ccm). I studien til Rodgers & Adler (2001) er skaderisikoen signifikant høyere på ATV med større motor.

Antall hjul: På ATV med tre hjul er skaderisikoen ifølge Rodgers & Adler (2001) 3,1 ganger så stor (konfidensintervall (1,5; 6,4)) som på ATV med fire hjul.

Veltebøyle: Veltebøyler som er montert bak føreriset på ATV har som formål å redusere risikoen for at ATV velter over føreren (Rechnitzer et al., 2013). Det er ikke funnet studier som empirisk har undersøkt virkningen av slike bøyler. Siden velt er den mest typiske ulykkesmekanismen i alvorlige ATV-ulykker (jf. under Problem og formål) kan veltebøyler tenkes å redusere skadegraden i mange ulykker (Myers et al., 2016; Rechnitzer et al., 2013). Resultater fra studier som har forsøkt å anslå virkningen av veltebøyler spriker imidlertid. Noen studier viser at veltebøyler kan påføre ATV-førere like mange eller flere skader enn de forhindrer (Van Ee et al., 2014; Zellner et al., 2012, 2014). Derimot viser andre studier at veltebøyler kan redusere skader i ulykker hvor ATVen velter sidevegs eller bakover (Myers et al., 2016; Snook, 2009; Wordley & Field, 2012; Wordley & Campus, 2012). Alle studiene har imidlertid ulike metodiske svakheter. Bl.a. har studiene som ikke finner positive effekter benyttet enten videoanalyser av et ikke-representativt utvalg velteulykker eller simuleringer som har begrenset validitet. Studier som finner positive sikkerhetseffekter har delvis brukt forsøk med ATV uten fører.

3 Motorvolum og motoreffekt

Høy fart er ofte en medvirkende faktor i motorsykkelykker. Likevel viser studier av sammenhengen mellom motorvolum eller -effekt og ulykkesrisiko at motorsykkelenes størrelse generelt sett ikke har noe sammenheng med ulykkesrisikoen. Kun for enkelte typer motorsykkel, førere og ulykkestyper har noen studier funnet en sammenheng mellom motorvolum og risiko for alvorlige ulykker. Forbud mot å kjøre stor motorsykkel for unge førere ser ut til å påvirke hvilke motorsykler som er mest innblandet i ulykker (de som kjøres mest av nye førere), men ikke ulykkesrisikoen for unge førere totalt sett.

3.1 Problem og formål

Høy fart er en medvirkende faktor i mange alvorlige motorsykkelykker. I dødsulykkene med motorsykkel i Norge i 2005-2014 har høy fart vært medvirkende faktor i 44% av ulykkene. Til sammenligning har høy fart vært medvirkende faktor i 33% av ulykkene med personbiler (Høy et al., 2016). Typiske fartsrelaterte ulykker er ulykker i kurver hvor motorsykkelen feilvurderer kurveforløpet og kjører utfor mot kurvens utside. I en del ulykker hvor andre trafikanter ikke overholdt vikeplikten for en motorsykkel kan motorsykkelenes høye fart også ha bidratt til at motparten ikke klarer å oppdage motorsykkelen i tide eller undervurderer motorsykkelenes fart. Ifølge de Rome og Senserrick (2011) er høy fart en medvirkende faktor i 84% av eneulykkene i kurver og i 13% av eneulykkene på rett veg. Omtrent halvparten av eneulykkene i denne studien skjedde i kurver, resten på rett strekning, følgelig er det omtrent 50% av alle ulykkene hvor fart har vært medvirkende faktor.

Farten ved en ulykke har stor betydning for skadeomfanget. I mange land har man derfor forsøkt å regulere fart og motorytelse på mopeder og motorsykler for å redusere disse kjøretøyenes ulykkesrisiko og skadeomfang ved ulykker (Mayhew & Simpson, 1989). Den vanligste formen for regulering er en inndeling av mopeder og motorsykler i ulike klasser på grunnlag av motorytelsen, kombinert med ulike krav til førere av de ulike typer mopeder og motorsykler. En vanlig regel er f.eks. at bare personer som har erfaring med å kjøre mopeder eller mindre motorsykler gis førerkort for de største motorsyklene. Det er også vanlig å sette grenser for motorvolumet for ulike typer mopeder og motorsykler, sammen med forbud mot ombygging (trimming) som øker motorytelsen utover de grenser som er fastsatt. Regulering av mopeders og motorsyklers motorvolum eller -effekt, sammen med førerkortbestemmelser for mopeder og motorsykler, har som formål å redusere skaderisikoen for mopeder og motorsykler.

3.2 Beskrivelse av tiltaket

Motorsyklers motoreffekt måles som regel i kilowatt (kW) eller hestekrefter (hk; 1kW = 1,3 hk). Motorvolum måles i kubikkcentimeter (ccm). Motorsyklers toppfart og akselerasjon er i tillegg avhengig av vekten, både på motorsykkel, fører og ev. last og passasjer. Det mest relevante målet på motorsykkelenes «motorstyrke» hadde derfor vært forholdet mellom effekt og vekt (f.eks. hk eller kW per kilo) for motorsykler uten eller med fører (Elliott, 2003).

De aller fleste studier som er oppsummert i dette kapitlet handler om motorvolum, selv om motorvolum i mindre grad har sammenheng med maksimalfart og akselerasjon enn motoreffekt (kW / hk) eller forholdet mellom effekt og vekt. Dette skyldes at informasjon om volum som regel er lettere tilgjengelig enn informasjon om motoreffekt (motorvolum går som regel fram av modellbetegnelsene, mens motoreffekt kan variere for enkelte modeller). Lette motorsykler med lite motorvolum kan likevel oppnå høy fart (f.eks. kan en lett off-road motorsykkel med 125 ccm kjøre over 100 km/t).

I Norge er mopeder og motorsykler delt inn i klasser ut fra motorytelse i kjøretøyforskriften (www.lovdatab.no) etter motorvolum (ccm), effekt (kW) og maksimal toppfart (føreverkortbestemmelsene for førere av moped og motorsykkel er sammenfattet i kapittel 6.6):

- Moped: maks. 50 ccm, maks. 4 kW, maks. toppfart 45 km/t
- Lette motorsykler: maks. 125 ccm, maks. 11 kW, ingen begrensning for toppfart
- Mellomtunge motorsykler: ingen begrensning for motorvolum, maks. 25kW eller maks. 0,16 kW per kg, ingen begrensning for toppfart
- Tunge motorsykler: over 125 ccm eller over 11 kW, ingen begrensning for toppfart

Det er forbud mot trimming av mopeder og motorsykler. I en eldre norsk undersøkelse (Fosser & Christensen, 1992) var 36% av alle mopeder trimmet og 14% hadde tidligere vært trimmet, men var avtrimmet igjen. Nyere tall for antall trimmede mopeder og motorsykler er ikke funnet.

Dette kapitlet oppsummerer resultater fra studier av:

- Sammenhengen mellom motorvolum/-effekt og ulykkesrisiko
- Forbud mot trimming av mopeder
- Forbud mot å kjøre tung motorsykkel for unge førere

Det er ikke funnet studier som har empirisk undersøkt forbud eller annen regulering av motorsykler med store motorvolum eller mange hk. Resultatene om sammenhengen mellom motorvolum/-effekt og ulykkesrisiko gir ikke nødvendigvis noen indikasjon på mulige virkninger av slike tiltak da det i hovedsak er førernes atferd som er avgjørende for ulykkesrisikoen.

3.3 Virkning på ulykkene

3.3.1 Store vs. små motorsykler

Basert på følgende studier er det beregnet gjennomsnittlige forskjeller i ulykkesrisiko og risikoen for å bli drept mellom motorsykler med ulik motorvolum:

Langley et al., 2000 (New Zealand)

Yen et al., 2001 (Malaysia)

Sexton et al., 2004 (Storbritannia)
 Harrison & Christie, 2005 (Australia)
 de Lapparent, 2006 (Frankrike)
 Zambon & Hasselberg, 2007 (Sverige)
 Bjørnskau et al., 2010 (Norge)
 Jou et al., 2012 (Taiwan)
 Zulkipli et al., 2012 (Malaysia)
 Brown et al., 2015 (Australia)

«Store» motorsykler er i de fleste studiene definert som motorsykler med motorvolum over 250 ccm (i to studier som motorsykler over 125 ccm og i én studie motorsykler over 280 ccm).

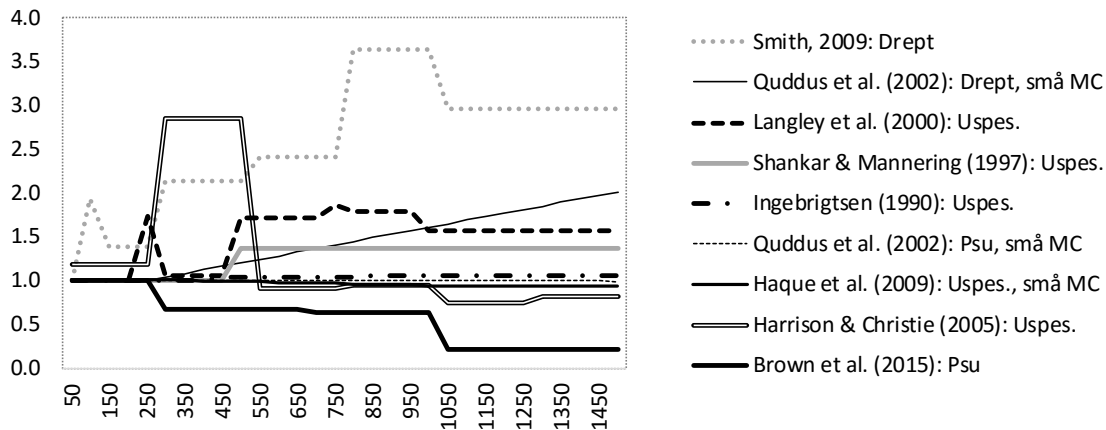
Sammenlagt viser resultatene at store motorsykler har 9% færre ulykker (konfidensintervall [-27; +15]) enn små motorsykler. Resultatet er ikke statistisk signifikant, og resultatene fra de enkelte studiene er svært heterogene uten noen klar sammenheng mellom metodiske aspekter ved studiene og estimert effekt. Også de «store» motorsyklene i disse studiene har for det meste forholdsvis små motorer og resultatene er derfor ikke nødvendigvis representative for land hvor de fleste motorsykler har langt større motorvolum.

3.3.2 Vektklasser for større motorsykler

De følgende studiene har undersøkt sammenhengen mellom motorvolum og ulykkesrisiko eller risikoen for å bli drept i en ulykke for ulike vektklasser blant større motorsykler (motorsykler over 250 ccm):

Ingebrigtsen, 1990 (Norge)
 Shankar & Mannering, 1996 (USA)
 Langley et al., 2000 (New Zealand)
 Quddus et al., 2002 (Singapore)
 Harrison & Christie, 2005 (Australia)
 Haque et al., 2009 (Singapore)
 Smith, 2009 (Frankrike, Tyskland, Nederland, Italia, Spania)
 Brown et al., 2015 (Australia)

Studiene er veldig ulike og resultatene spriker mye. Dessuten har flere studier ikke oppgitt tilstrekkelig informasjon for å beregne statistiske vektorer. Det er derfor ikke mulig å beregne sammenlagte effekter. Figur 3 viser derfor de estimerte sammenhengene mellom motorvolum og antall ulykker for hver av studiene.



Figur 3: Estimerte sammenhenger mellom motorvolum og antall ulykker (Psu = personskadeulykker).

Som figur 3 viser har de fleste studiene ikke funnet noen sterk sammenheng mellom motorvolum og antall ulykker. Synkende ulykkesrisiko med økende motorvolum ble funnet av Brown et al. (2015) som er basert på dybdeanalyse av motorsykkelykker i Australia og av Harrison og Christie (2005) som har gjort en spørreundersøkelse blant motorsyklister i Australia. Selv om de fleste studiene har kontrollert for en rekke andre variabler er dette de eneste studiene i figur 3 som har kontrollert for årlig kjørelengde.

En stor økning av risikoen for å bli drept med økende motorvolum ble funnet av Smith (2009). Dette gjelder imidlertid kun når man ikke kontrollerer for andre faktorer. Med kontroll for en rekke andre faktorer har motorvolum ikke vist seg å ha sammenheng med verken risikoen for å bli drept eller ulykkesinnblanding. Quddus et al. (2002) fant også en økning av risikoen for å bli drept med økende motorvolum, men i denne studien er det en stor andel motorsykler med liten motor (under 170 ccm) og det er følgelig usikkert hvorvidt sammenhengen kan generaliseres til motorsykler med større motor.

Enkelte studier har funnet endringer av ulykkesrisikoen kun for spesifikke volumklasser. Harrison & Christie (2005) fant at motorsykler med mellom 250 og 500 ccm har 3,2 ganger så høy ulykkesrisiko som motorsykler over 500 ccm. Dette skyldes trolig at motorsykler i denne gruppen kjøres mest av unge, nye førerkortinnehavere. Langley et al. (2000) som har kontrollert for en rekke andre faktorer men ikke for årlig kjørelengde, fant lavest ulykkesrisiko blant de minste motorsyklene og omtrent uendret risiko med økende motorvolum over 500 ccm.

Flere studier viser at ulykkesrisikoen øker med økende motorvolum eller -effekt kun i **spesifikke grupper av førere, motorsykler eller ulykker**. Shankar & Mannering (1996) fant en 57% høyere risiko for å bli drept eller hardt skadd i eneulykker på motorsykler over 500 ccm, sammenlignet med motorsykler under 500 ccm. Mattsson og Summala (2010) fant 3,4 ganger så stor risiko for å bli innblandet i dødsulykker med motorsykler over 136 hk, sammenlignet med motorsykler med under 68 hk (med omtrentlig kontroll for årlig kjørelengde), men ingen sammenheng med andre enn dødsulykker. Studien viser i tillegg at motorsykler med over 75 kW (102 hk) hadde 4,8 ganger så ofte kjørt mer enn 20 km/t over fartsgrensen enn motorsykler med under 75 kW. Clarke et al. (2007) viser at kurveulykker øker med økende motorvolum, mens ulykker hvor en av partene ikke har respektert vikeplikten, avtar med økende motorvolum. Norsk ulykkesstatistikk viser at tunge motorsykler i større grad er innblandet i eneulykker enn lette motorsykler og mopeder og i mindre grad i ulykker i kryss eller med kryssende kjøretning (se avsnitt Problem og formål). Sammenhengen med kurve- vs. kryss-/vikepliktsulykker kan trolig, i hvert fall delvis, forklares med at tunge motorsykler kjøres mer på landeveger og lette motorsykler

mer i byer. Haque et al. (2009) viser at innblanding i ulykker hvor motorsykkelen er utløsende part øker med ca. 4% per 200 ccm på motorveger, noe som forklares med høyere fart. Innblandingen i ulykker hvor motorsykkelen ikke er den utløsende part derimot synker med ca. 13% per 200 ccm motorvolum. For ulykker på andre veger og i kryss ble det ikke funnet noen slik sammenheng. Schulz (1995, 1998) viser at risikoen for eneulykker øker med økende motorvolum med R-sykler og blant førere med en «sportslig» kjørestil, men dette gjelder ikke for andre motorsykler, andre førere eller andre typer ulykker.

Sammenhenger mellom motorvolum og føreregenskaper ble funnet bl.a. av Clarke et al. (2007) som viser at førere av motorsykler med større motor i gjennomsnitt er eldre enn førere av mindre motorsykler. Mattsson & Summala (2010) viser at førere av motorsykler med større effekt er mer erfarne enn førere av svakere motorsykler.

Alt i alt tyder resultatene på at førere av store motorsykler ikke generelt har høyere ulykkesrisiko enn andre motorsykkelførere, men at risikoen avtar når man kontrollerer for årlig kjørelengde og at risikoen øker for enkelte typer motorsykkel, førere og ulykker (R-sykler, «sporty» førere, dødsulykker / eneulykker). Det kan tenkes at resultatene hadde vært annerledes dersom alle studiene hadde undersøkt sammenhengen mellom ulykker og motoreffekt eller forholdet mellom effekt og vekt (Haworth & Blackman, 2013). F.eks. har mange touring-motorsykler store motorer, men forholdsvis liten effekt og høy vekt, mens R-sykler kan ha høy effekt ved forholdsvis liten motorer, samtidig som vekten er lav. Motorsykler med det største effekt/vekt-forholdet er R-sykler som har høyere ulykkesrisiko enn andre typer motorsykkel, men som også tiltrekker en spesiell gruppe førere (jf. kapittel 2).

3.3.3 Forbud mot trimming av mopeder

En eldre norsk undersøkelse (Fosser & Christensen, 1992) viste at trimmede mopeder har 1,18 ganger så mange materielskadeulykker som utrimmede mopeder (konfidensintervall [1,03; 1,37]) og 1,48 ganger så mange personskadeulykker (konfidensintervall [1,10; 2,01]). Studien bekrefter resultatene fra en enda eldre tysk undersøkelse (Löffelholz et al., 1977). Undersøkelsen viste at mopeder som var trimmet slik at slagvolumet var over 50 ccm hadde omtrent 2,8 ganger så høy ulykkesrisiko (personskadeulykker) som ikke trimmede mopeder. Nyere studier er ikke funnet.

3.3.4 Forbud mot å kjøre tung motorsykkel for unge førere

Nye førerkortinnehavere med begrenset førerkort (førere med restriksjoner under opplæring i et gradert førerkortprogram, jf. kapittel 6.8) har ifølge Haworth et al. (1997) omtrent 50% høyere ulykkesrisiko enn førere med fullt førerkort. At forskjellen mellom førere med begrenset og fullt førerkort er mindre enn blant bilførere forklares med at det blant motorsyklister finnes både flere med begrenset førerkort som har mye erfaring og flere med ubegrenset førerkort som har lite erfaring enn blant bilførere.

Forbud mot at unge førere kjører tung motorsykkel er innført bl.a. i Australia og Storbritannia. I Victoria, Australia, fikk førere under opplæring og førere med nytt førerkort (første år etter bestått førerprøve) forbud mot å kjøre motorsykler med motorvolum over 260 ccm (Troup et al., 1984). En før-og-etter undersøkelse viste at antall skader per førerkortinnehaver gikk ned med 33% blant førere forbudet omfattet (konfidensintervall [-38; -27]). Blant førere som ikke var omfattet av forbudet ble det ikke funnet noen signifikant endring av antall ulykker (+8% [-3; +21]). Undersøkelsen gir ikke opplysninger om endringer i omfanget av motorsykkelkjøring som følge av forbudet.

I Storbritannia fikk førere med nytt førerkort («learner permit») forbud mot å kjøre mopeder / motorsykler over 125 ccm i 1982 (Broughton, 1987). Tidligere hadde grensen vært 250 ccm. En før-og-etterundersøkelse viste at antall personskadeulykker blant nye førere med moped over 125 ccm gikk ned med 79% (konfidensintervall [-80; -77]). Denne nedgangen ble imidlertid oppveid av en økning i antall ulykker med moped under 125 ccm (+24% [21; 29]). Totalt gikk derfor ikke ulykestallet ned for nye førere (+2% [-1; +5]). For erfarne førere var det i samme periode en nedgang på omkring 10% i antall personskadeulykker. Selv om resultatene ikke sier noe om antall ulykker per kjørt kilometer, kan tiltaket på bakgrunn av dette ikke sies å ha bedret nye føreres sikkerhet.

I New Zealand ble et system med gradert førerkort innført for motorsykkelførere i 1987. I opplæringsfasen (seks måneder, eller tre måneder hvis man tar kurs) gjelder en del restriksjoner. Bl.a. er det forbudt å kjøre motorsykler med over 250 ccm. Andre restriksjoner gjelder farten (maks. 70 km/t), passasjerer (ingen), kjøring om natten (ingen kjøring mellom kl. 22 og 05) og alkohol (maks. 0,3 promille). Etter seks (eller tre) måneder blir fartsrestriksjonen opphevet, mens de øvrige restriksjonene fortsatt gjelder i 18 måneder (i ni måneder hvis man tar kurs). Reeder et al. (1999) viste at antall ulykker blant motorsykkelførere i alderen 15 til 19 år gikk ned med 22% (konfidensintervall [-39; -1]). Nedgangen skyldes imidlertid trolig, i hvert fall delvis, en generell reduksjon av motorsykkelkjøring i denne aldersgruppen. Man kan følgelig ikke konkludere at restriksjonene (eller begrensningen for motorvolum) har ført til redusert ulykkesrisiko. En annen studie fra New Zealand hvor førere under opplæring ikke har lov til å kjøre motorsykler med over 250 ccm (Langley et al., 2000) viste at det å kjøre ulovlig med motorsykler over 250 ccm ikke medfører økt ulykkesrisiko. Førere under opplæring som kjørte motorsykler med under 250 ccm, hadde i denne studien 20% flere ulykker (konfidensintervall [-28; +90]) enn førere som ulovlig kjørte motorsykler med over 250 ccm.

En studie som ble gjennomført i New South Wales, Australia, viste at motorsykler med mellom 250 og 500 ccm har 2,4 ganger så høy ulykkesrisiko som førere av motorsykler med under 250 ccm og 3,3 ganger så høy risiko som førere av motorsykler med over 500 ccm (Harrison & Christie, 2005). Det er kontrollert for bl.a. førernes alder. I New South Wales er grensen for førere under opplæring et motorvolum på 660 ccm (og 150 kW per tonn). Det kan derfor tenkes at den høye risikoen i denne gruppen skyldes en forholdsvis høy andel unge førere.

Alt i alt tyder resultatene på at ulykkesrisikoen og antall ulykker øker i den klassen som kjøres av de fleste unge førere og at det totale antall ulykker med unge/nye førere ikke nødvendigvis går ned, selv om risikoen og antall ulykker i den klassen som er forbudt for unge førere går ned. Dette er i samsvar med resultatene fra studiene om sammenhengen mellom motorvolum og ulykkesrisiko som viser at det er forholdsvis liten sammenheng mellom motorvolum og ulykkesrisiko og at det i hovedsak er førerne og kjørestilen som har betydning for ulykkesrisikoen.

4 Kjørelys

Motorsykler er mindre enn de fleste andre motorkjøretøy og blir ofte oversett av andre trafikanter. En stor andel av kollisjonene motorsykler er forårsaket av at andre ikke har sett motorsykkelen eller feilvurdert farten. Motorsykler som kjører med lys er lettere å oppdage i trafikken og det er mindre risiko for at farten blir undervurdert. Bruk av kjørelys på moped og motorsykel, dvs. tente frontlykter ved kjøring i dagslys, har vist seg å redusere innblandingen i flerpartsulykker i dagslys med omtrent 40% (gjelder motorsyklister som bruker vs. ikke bruker kjørelys). Påbud om kjørelys for mopeder og motorsykler har vist seg å redusere det totale antall flerpartsulykker i dagslys med 10% (gjelder alle motorsyklister i f.eks. land med vs. uten påbud av kjørelys). Eneulykker ser også ut til å være redusert, ukjent av hvilken grunn. Videre tyder noen resultater på at virkningen er større på mer alvorlige ulykker. Alternative frontlyskonfigurasjoner med supplerende lykter kan redusere ulykkesrisikoen, især i ulykker hvor biler svinger til venstre foran en møtende motorsykel.

4.1 Problem og formål

Mopeder og motorsykler er vanskeligere å oppdage i trafikken enn biler, blant annet fordi de er mindre. Omtrent to tredjedeler av alle kollisjoner mellom en motorsykel og et annet kjøretøy er forårsaket av det andre kjøretøyet, ofte fordi føreren av dette ikke har sett motorsykkelen (Clarke et al., 2007; Haque et al., 2009; Nordkvist & Gregersen, 2010; de Rome & Senserrick, 2009; Vlahogianni et al., 2012). Også flere eldre studier har vist at dårlig synbarhet er en medvirkende faktor til mange ulykker med mopeder og motorsykler (Janoff et al., 1970; Williams & Hoffman, 1979; Thomson, 1980; Dahlstedt, 1986; Olson, 1989; Wulf et al., 1989). Motorsykelulykker er som regel mer alvorlige under vanskeligere synsforhold (Geedipally et al., 2011).

At motorsykler ofte blir oversett kan ha ulike forklaringer (Helman et al., 2012): At motparten ikke hadde kikket i dens retning, at motparten kikket i riktig retning men ikke lenge nok, eller at motparten overså motorsykkelen til tross for at hun/han burde ha oppdaget den (såkalt «looked but failed to see»).

Et annet problem er at andre trafikanter ofte feilbedømmer og undervurderer motorsyklers fart (Brenac et al., 2006; Clarke et al., 2007; Horswill et al., 2005; Pai, 2011). Eksempelvis har det i flere studier vist seg at bilførere som skal svinge til venstre foran møtende trafikk, i gjennomsnitt benytter mindre tidsluker foran motorsykler enn foran andre motorkjøretøy (Binder et al., 2005). Dette er også den eneste ulykkestypen hvor bilister respekterer vikeplikten for motorsykler sjeldnere enn vikeplikten for andre typer motorkjøretøy (de Craen et al., 2011). I tillegg har motorsyklister i ulykker hvor motparten ikke så motorsykkelen, i gjennomsnitt høyere fart enn i andre tilsvarende ulykker (Clabaux et al., 2012).

Å øke motorsyklisters synlighet kan ha ulike formål: Å gjøre det lettere å se motorsyklister, å tiltrekke andre trafikanters oppmerksomhet, og å gjøre det enklere å vurdere motorsyklens fart korrekt. Synbarheten av motorsykler kan økes på ulike måter (se også kapittel 4.24). En av disse er bruk av kjørellys. Formålet med påbudt bruk av kjørellys på dagtid for mopeder og motorsykler er å redusere antall ulykker ved at flest mulig bruker kjørellys.

4.2 Beskrivelse av tiltaket

Med kjørellys menes bruk av en eller flere frontlykter ved kjøring i dagslys. I Norge ble bruk av kjørellys påbudt for mopeder og motorsykler 1. oktober 1978. Tilsvarende påbud er innført i en rekke andre land, blant annet i de andre europeiske land, i mange delstater i USA og i Malaysia.

Innføringen av påbudet i Norge har ført til en økning av bruken av kjørellys blant motorsykler og mopeder fra 29% i 1978 til 75% umiddelbart etter at påbudet ble innført og til 57% i 1979 (Muskaug et al., 1979). Det foreligger ikke nyere registreringer, men i dag er andelen mopeder og motorsykler som bruker kjørellys trolig på 90-100%.

Det finnes en rekke alternative og supplerende lyskonfigurasjoner som f.eks. T-formede frontlykter og ulike LED-lys konfigurasjoner (f.eks. «liggende U» som er en vanlig LED-lys variant på nye motorsykler). Paine et al. (2005) forslår også bruk av gule frontlykter som et tiltak for å gjøre motorsykler mer synlige i blandet trafikk. Slike lyskonfigurasjoner skal gjøre motorsyklister mer synlige enn vanlig kjørellys i den forstand at de i større grad skal skille seg ut fra andre kjøretøy. De skal også gjøre det enklere for andre å vurdere motorsykkelenes fart.

4.3 Virkning på ulykkene

Virkingen av kjørellys på motorsykel på ulykker er blitt undersøkt i to typer studier. Den ene typen har studert virkingen på enkelte motorsyklers ulykkesrisiko av å bruke kjørellys på dagtid. Den andre typen har studert virkingen på totale ulykkestall i et land som følge av et påbud om å bruke kjørellys.

Bruk av kjørellys: Virkningene av å bruke kjørellys døgnet rundt er sammenfattet i tabell 1, basert på de følgende studiene:

- Vaughan et al., 1977 (Australia)
- Hurt et al., 1981 (USA)
- Haworth et al., 1997 (Australia)
- Bijleveld, 1997 (Østerrike, Danmark)
- Wells et al., 2004 (New Zealand)
- McCarthy et al., 2007 (Storbritannia)

De sammenlagte resultatene viser en stor og statistisk signifikant reduksjon (-43%) av antall flerpartsulykker i dagslys og en noe mindre reduksjon av antall eneulykker (ikke statistisk signifikant). Resultatene gjelder både mopeder og motorsykler. En mulig forklaring på en reduksjon av antall eneulykker er at noen eneulykker skjer som følge av at en motorsyklist forsøker å unngå en kollisjon med et annet kjøretøy (Helman et al., 2012; Zador, 1985). En annen mulig forklaring er at begge resultatene er overestimert som følge av metodiske svakheter ved studiene.

Resultatene for de spesifikke ulykkestypene er basert på studiene fra før 2000. Resultatet som gjelder det totale antall ulykker under alle lysforhold, er basert på de to studiene fra etter 2000, hvorav den ene ikke har kontrollert for forstyrrende variabler og den andre har kontrollert for fargen på hjelmen og førerens alder. Siden resultatene for det meste er basert på eldre og metodisk svake studier, kan resultatene ikke uten videre generaliseres.

Virkingen av påbud om bruk av kjørellys døgnet rundt: Virkingen av påbudet som er sammenfattet i tabell 1, er basert på de følgende studiene:

- Janoff et al., 1970 (USA)
- Lalani, 1978 (Storbritannia)
- Waller & Griffin, 1981 (USA)
- Muller, 1982 (USA)
- Muller, 1985 (USA)
- Zador, 1985 (USA)
- Radin Umar et al., 1995 (Malaysia)
- Radin Umar et al., 1996 (Malaysia)
- Yuan, 2000 (Singapore)
- Radin Umar, 2005 (Malaysia)
- Motoki et al., 2006 (Japan)

Resultatene viser at påbud om å bruke kjørellys medfører en nedgang av antall flerpartsulykker i dagslys på 10% (statistisk signifikant). Også antall eneulykker ser ut til å være redusert.

Tabell 1: Virkninger på antall ulykker (alle skadegrader) i dagslys av kjørellys på moped og motorsykel.

| Ulykkestyper som påvirkes | Skadegrad | Prosent endring av antall ulykker | |
|------------------------------------|------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| | | Beste anslag | Usikkerhet i virkning |
| Bruk av kjørellys | | | |
| Flerpartsulykker i dagslys | Alle skadegrader | -43 | (-65; -5) |
| Eneulykker i dagslys | Alle skadegrader | -34 | (-63; +17) |
| Alle ulykker under alle lysforhold | Alle skadegrader | -42 | (-64; -6) |
| Påbud av kjørellys | | | |
| Flerpartsulykker i dagslys | Alle skadegrader | -10 | (-14; -6) |
| Eneulykker | Alle skadegrader | -5 | (-10; +0) |
| Alle ulykker under alle lysforhold | Alle skadegrader | -11 | (-15; -7) |

Skadegrader: Man kan anta at virkingen av kjørellys er størst for de mest alvorlige ulykkene. Hvis motorsykler med kjørellys er mer synlige og lettere kan oppdages tidlig, vil andre kjøretøy tidligere kunne bremse eller unnamanøvrere. Dermed vil ulykken ikke alltid kunne unngås, men lavere fart reduserer som regel skadegraden. Likevel er det, når man ser på resultatene fra alle studiene under ett, ikke funnet systematiske forskjeller mellom virkningene for ulike skadegrader og virkningene for alle skadegradene er derfor slått sammen i tabell 1.

Det er funnet to studier som har oppgitt virkninger for flere ulike skadegrader og begge har funnet større virkninger på mer alvorlige ulykker (Yuan, 2000; Quddus et al., 2002). Resultatene gjelder flerpartsulykker i dagslys. Resultatene fra Quddus et al. (2002) er ikke inkludert i resultatene som er oppsummert i tabell 1. Resultatene viser en reduksjon av antall dødsulykker på 21%, en reduksjon av antall ulykker med alvorlig personskade på 16% og omtrent uendret antall ulykker med lettere personskade.

Kjørellys på andre motorkjøretøy: Det hevdes noen ganger at kjørellys på motorsykler er lite effektivt når alle andre motorkjøretøy også bruker kjørellys på dagtid, fordi motorsykler da i mindre grad skiller seg ut (Cavallo & Pinto, 2012; Helman et al., 2012). Denne hypotesen er empirisk undersøkt av Jenness et al. (2011) som viser at utbredt bruk av kjørellys blant andre kjøretøy kan øke ulykkesinnblandingen for motorsyklister i urbane områder, men ikke på andre veier. Resultatene er imidlertid usikre og kan ikke nødvendigvis generaliseres.

I studiene som er oppsummert ovenfor, er andelen av andre motorkjøretøy som bruker kjørellys i dagslys trolig lave fordi kjørellys ikke var påbudt i noen av landene på de tidspunktene da studiene ble gjennomført. Det er derfor ikke uten videre mulig å konkludere med at virkningen av kjørellys på moped og motorsykel er som vist i tabell 1 når de fleste andre kjøretøy også kjører med kjørellys.

Ulike typer frontlykter: Det er ikke funnet studier som har undersøkt virkningen av ulike typer frontlykter på ulykker, men en rekke studier som har undersøkt hvor lette motorsyklister er å oppdage med ulike typer frontlykt. Shaheed et al. (2012) viser at motorsykler med fjernlys oppdages på lengre avstand enn motorsykler med kjørellys og at motorsykler med blinkende frontlykter (modulating headlights) oppdages på lengre avstander enn motorsykler med fjernlys. Ulike alternative former for frontlykter på motorsykler, som f.eks. T-formede frontlykter med en vanlig frontlykt som hovedlykt og supplerende lykter på siden og under denne, har i eksperimentelle studier vist seg å gjøre det lettere å oppdage motorsykler i trafikken, spesielt når også andre kjøretøy bruker kjørellys (Pinto et al., 2014; Rößger et al., 2012). Resultatene kan imidlertid ifølge de Craen et al. (2011) delvis skyldes at de ukonvensjonelle lyktkonfigurasjonene har utløst en overraskelseeffekt og det er derfor ikke mulig å trekke noen konklusjoner om den langsiktige virkningen på ulykker.

Likevel kan alternative frontlykter tenktes å redusere antall ulykker ved at de gjør det enklere å vurdere motorsyklens avstand og fart. Det er funnet flere studier som viser at større avstand mellom to frontlykter gjør det enklere å vurdere avstand og fart (Castro et al., 2005; Gould et al., 2012). Studier som er gjort i ekte trafikk, på bane eller i simulator viser for det meste at supplerende frontlykter øker tidslukene som møtende biler benytter når de skal svinge til venstre, eller at andelen som svinger av med kritisk korte tidsluker er redusert (Binder et al., 2005; Cavallo et al., 2015; Jenness et al., 2011; Tsutsumi & Maruyam, 2007). Virkningen ser ut til å være størst om natten og når motorsykkelen har høy fart (Cavallo et al., 2015). Brooks et al. (2005) viser i rekonstruksjoner av motorsykelulykker i simulator at ulykkesrisikoen kan være redusert med alternative frontlykter.

Hvilke løsninger som gir best synbarhet bør undersøkes i flere empiriske studier med avhengige variabler som er direkte relatert til hvordan ulike lyskonfigurasjoner påvirker andre føreres atferd. Dvs. at man i tillegg til virkningen på estimert avstand eller fart også bør undersøke virkningen på hvor store tidsluker som aksepteres og hvor mange som (nesten) overser motorsykler i trafikken (Helman et al., 2012).

5 Hjelm og verneutstyr

Bruk av hjelm på moped og motorsykel har vist seg å redusere antall dødelige hodeskader med omtrent 60% og hjerneskader med 47%. Risikoen for nakkeskader er redusert eller uendret. Virkningen er omtrent den samme på firehjulsmotorsykel (ATV). Helhjelm gir like god eller bedre beskyttelse enn delbare hjelmer og betydelig bedre beskyttelse enn halvhjelmer. Novelty-hjelmer som ikke er godkjent og uten støtabsorberende polstring, har omtrent ingen effekt på hodeskader. Hjelmer som sitter for løst og/eller som faller av i ulykken, har ingen eller kun liten beskyttende effekt. Virkningen av hjelmbruken er større ved lavere fart enn ved høy fart og større på lette enn på tunge motorsykler. Hvorvidt virkningen har økt over tid er usikkert. Det finnes potensiale for å forbedre hjelmutformingen, især for å gi bedre beskyttelse mot hjerneskader som oppstår som følge av rotasjonsbevegelser i hodet. Vernetøy for motorsyklister, især med polstring, har vist seg å beskytte mest mot mindre skader og mot åpne sår, men ikke eller kun i liten grad mot brudd. De typer vernetøy som gir størst beskyttelse er separate ryggbeskyttere (-50% ryggskader), støvler (-50% fotskader), hansker (-40% skader på hender), bukser (-25% skader på ben) og jakker (-18% skader på armer og overkropp). Synlige farger på klær og hjelm gjør det lettere for andre å oppdage motorsyklister og å vurdere farten. Det er funnet store reduksjoner av antall ulykker ved bruk av slikt utstyr, men disse skyldes trolig forskjeller i føreratferd.

5.1 Problem og formål

Fører og passasjer på moped eller motorsykel har høy skaderisiko i trafikken (Bjørnskau, 2016). Motorsykler og mopeder gir minimal beskyttelse for førere og passasjerer hvis det skjer en ulykke. Sannsynligheten for at ulykken skal føre til personskade er derfor høy. Risikoen for å bli drept varierer sterkt med hvilken type objekt motorsyklister kolliderer med. Den relative risikoen for å bli drept i kollisjoner med ulike typer objekter er 12,5 for trær, 8,3 for stolper, 6,2 for rekkverk, 2,0 for andre motorkjøretøy, 1,0 for velteulykker uten kollisjon, og 0,8 for ulykker med dyr (Nunn, 2011).

Hodeskader blant drepte på motorsykkel: I dødsulykkene med motorsykler i Norge i 2005-2014 var andelen som døde av hodeskader 83% blant alle som hadde kjørt uten hjelm, 63% blant dem som hadde kjørt med hjelm men som mistet hjelmen i ulykken, og 27% blant dem som hadde kjørt med hjelm. Blant dem som hadde kjørt med hjelm var det i tillegg 22% som hadde dødelige skader på både hodet og andre kroppsregioner. Til sammen var det følgelig 49% av alle med hjelm som hadde dødelige hodeskader (Høye et al., 2016). Blant dem som hadde kjørt med hjelm og som døde av hodeskader (uten å ha andre dødelige skader), har de fleste fått skadene i sammenstøt med et annet kjøretøy (64%), fulgt av rekkverk (16%) og gjerde/stolpe/mur/tre (12%). Blant dem uten hjelm (som mistet hjelmen eller som hadde kjørt uten hjelm), er det kun 6% som fikk de dødelige hodeskadene i sammenstøt med et annet kjøretøy (6%), mens 59% fikk skadene i sammenstøt med gjerde/stolpe/mur/tre og 24% i sammenstøt med rekkverk. Andelen med dødelige hodeskader blant drepte motorsyklister med hjelm er omtrent den samme som i en tysk studie (Aare & van Holst, 2003) hvor 48% hadde dødelige hodeskader. En studie fra Sverige viser også at de fleste drepte motorsyklister dør av hodeskader, selv med bruk av hjelm (Aare & van Holst, 2003).

Bruk av hjelm på motorsykkel: Det er ikke funnet aktuelle tall for bruk av hjelm på moped og motorsykkel i Norge. På tunge motorsykler bruker i dag praktisk talt alle hjelm. Blant førere og passasjerer på moped og motorsykkel som ble drept i ulykker i 2005-2014, var andelen som hadde kjørt uten hjelm ifølge data fra Statens vegvesenets ulykkesanalysegrupper:

- 50% på moped
- 38% på uregistrerte cross-motorsykler
- 7% på lette motorsykler
- 3% på tunge motorsykler.

Blant alle drepte på motorsykler var det 14% som mistet hjelmen i ulykken, som regel fordi den ikke var festet eller fordi den var for dårlig festet og i noen tilfeller fordi den var for stor. Til sammenligning var andelen som mistet hjelmen i studien til Richter et al. (2001; Tyskland og Storbritannia), 11% av motorsyklistene som var innblandet i ulykker og som hadde brukt hjelm. Av disse hadde 27% ikke festet hjelmen og i 24% av tilfellene ble hakestroppen revet løs i ulykken. I 50% av tilfellene ble hjelmen revet av til tross for at den var festet.

Bruk av hjelm på ATV: Det er ikke funnet aktuelle tall for bruk av hjelm på firehjuls-motorsykkel (All Terrain Vehicle, ATV) i Norge, verken generelt eller blant drepte førere eller passasjerer på ATV. Hjelmb Bruken er i de fleste tilfellene obligatorisk på ATV (se nedenfor under Beskrivelse av tiltak). Blant drepte ATV-førere i Sverige i 2007-2012 var andelen som hadde brukt hjelm 13%. Blant de 87% som ikke hadde brukt hjelm, hadde 60% dødelige hode- og/eller nakkeskader (Gustafsson & Eriksson, 2013). Informasjon om hjelmb Bruken foreligger imidlertid kun for 15 av de 50 drepte. I studien til Jennissen et al. (2016) er andelen som hadde kjørt med hjelm på ATV 62% lavere blant førere som hadde kjørt med passasjer og blant passasjerer enn blant førere som hadde kjørt alene. Siden ulykker med ATV oftere enn motorsykkelulykker medfører at kjøretøyet velter over føreren, antar bl.a. Rechnitzer et al. (2013) at hjelm (og annet verneutstyr) i mindre grad enn på motorsykler reduserer risikoen for alvorlige skader.

Forskjeller mellom førere med og uten hjelm: I land hvor hjelmb Bruken er obligatorisk og hvor de aller fleste kjører med hjelm, er motorsyklister som kjører uten hjelm på mange måter en spesiell gruppe. Sammenhengen med en rekke andre faktorer som ble funnet i norske og internasjonale studier, er oppsummert i det følgende.

- **Atferd og ulykker:** Førere som kjører uten hjelm, viser mer risikoatferd enn førere med hjelm, har i gjennomsnitt flere tidligere motorsykkelulykker og skader og er oftere den skyldige part i ulykker (Ranney et al., 2010; Savolainen et al., 2011; Schneider IV et al., 2012). Lardelli-Claret et al. (2006) fant 18% lavere risiko for å bli innblandet i kollisjoner blant motorsyklister med hjelm enn blant dem uten hjelm (med kontroll for et stort antall andre faktorer). Rizzi et al. (2011) og Høye et al. (2016) viser at alle drepte motorsyklister i henholdsvis Sverige (2005-2008) og Norge (2005-2014) som hadde kjørt uten hjelm, også hadde minst én av de følgende risikofaktorene: Påvirket av alkohol/narkotika, fart godt over fartsgrensen eller kjøring uten gyldig førerkort (de fleste hadde flere av risikofaktorene). Motorsyklister som bruker hjelm, kjører i gjennomsnitt lengre strekninger enn de uten hjelm (Ouellet, 2011).
- **Alkohol:** Motorsykkelførere uten hjelm kjører omtrent to til tre ganger så ofte under påvirkning av alkohol eller andre rusmidler som førere med hjelm (Brown et al., 2011; Liu et al., 2015; Philip et al., 2013; Rossheim et al., 2014). Når man deler motorsykkelførere inn i førere som var og som ikke var påvirket av alkohol, har Ouellet (2011) ikke funnet forskjeller mellom motorsykkelførere med og uten hjelm i ulykestypene (eneulykker vs. kollisjon) eller ulike typer risikoatferd (førerfeil som bidro til ulykken, rødlyskjøring, fart over fartsgrense). Studien er basert på motorsykkelførere som var innblandet i ulykker i Los Angeles.
- **Type motorsykkel:** I dødsulykkene i Norge i 2005-2014 var andelen som hadde kjørt uten hjelm, størst på uregistrerte cross-motorsykler, fulgt av lette motorsykler. På tunge motorsykler var det kun noen på custom-motorsykler som hadde kjørt uten hjelm, på alle andre typer tunge motorsykler, inkl. R-sykler (racing replicas) hadde alle kjørt med hjelm. I studien til Teoh og Campbell (2010) var hjelmb Bruken høyest på R-sykler og lavest på touring og klassiske motorsykler (cross-motorsykler inngår ikke i studien).
- **Vegtype:** Flere studier har funnet lavere andeler motorsykkelførere med hjelm i byer enn på landeveger og motorveger (jf. Shaheed et al., 2013). I USA er hjelmb Bruken på ATV omtrent 40% lavere på veger enn off-road (Denning et al., 2013; Miller et al., 2012). I studien til Hall et al. (2009) derimot er det ingen forskjell i hjelmb Bruken i dødsulykker med ATV i trafikk vs. off-road. Likevel viser studien at andelen med hodeskader er betydelig høyere (65%) blant dem som ble drept i trafikk enn blant dem som ble drept i ulykker off-road (31%).
- **Kjøreforhold:** Flere studier har funnet lavere andeler motorsykkelførere med hjelm på dager med sol enn når det er overskyet eller regner (jf. Shaheed et al., 2013). I studien til Shaheed et al. (2011) er andelen som kjører uten hjelm høyere i mørke (80%) enn i dagslys (75%).
- **Alder:** Det ble ikke funnet noen sammenheng mellom alder og hjelmb Bruk i studiene til Brown et al. (2011) og Philip et al. (2013). På ATV er i studien til Bowman et al. (2009) en noe større andel som bruker hjelm blant barn og unge voksne (53% opp til 34 år) enn blant voksne over 35 år (45%).
- **Passasjer:** Andelen som bruker hjelm er opptil 85% høyere blant førere enn blant passasjerer (Brown et al., 2011; Denning et al., 2013; Jennissen et al., 2016; Merrigan et al., 2011; Philip et al., 2013). På ATV har hjelmb Bruken vist seg å være høyere blant førere som kjører alene enn blant førere som kjører med passasjer (Jennissen et al. 2016).

- **Kjønn:** I de fleste studiene som har undersøkt dette ble det ikke funnet forskjeller i hjelmbruken mellom menn og kvinner på motorsykler og ATV (Brown et al., 2011; Denning et al., 2013; Philip et al., 2013). En større andel uten hjelm ble funnet blant menn på motorsykler i studien til Ranney et al. (2010). I India er det langt færre kvinner som bruker hjelm enn menn fordi hjelmbruken av religiøse grunner kun er obligatorisk for menn (Gupta et al., 2014).

Bruk av verneutstyr for motorsyklister: I dødsulykkene med motorsykler i Norge i 2010-2014 var andelen av de drepte motorsyklister som ikke hadde brukt vernejakke, -bukse eller -dress, 32%. I tillegg var det 7% som kun hadde på seg vernejakke (Høye et al., 2016). Andelen som hadde kjørt uten verneklær, var størst blant førere av uregistrerte cross-motorsykler og lette motorsykler. Til sammenligning var det blant motorsyklister som var innblandet i personskadeulykker i Australia i 2008-2009, 83% som hadde brukt vernejakke, 35% med vernebukse, 87% med hansker og 38% med støvler (98,6% hadde brukt hjelm).

Bruk av synlige klær og reflekterende materialer blant motorsyklister: Flere studier av motorsykkelykker viser at omtrent to tredjedeler av alle kollisjoner mellom en motorsykkel og et annet kjøretøy er forårsaket av det andre kjøretøyet (Clarke et al., 2004; Nordqvist & Gregersen, 2010; de Rome & Senserrick, 2011). En stor andel av ulykkene med motorsyklister skjer som følge av at en bilfører ikke har sett vedkommende (Vlahogianni et al., 2012). Motorsykler er særlig lette å overse forfra pga. den smale silhuetten. I tillegg blir farten på mindre trafikanter ofte undervurdert (Brenac et al., 2006; Clarke et al., 2007; Horswill et al., 2005; Pai, 2011). Dette gjelder især når motorsykkelen har høy fart (Clabeaux et al., 2012; Horswill et al., 2005). Clabeaux et al. (2012) fant en slik effekt kun i byer og ikke i spredtbygde strøk.

En typisk ulykke mellom en motorsykkel og en bil er en kollisjon hvor motorsykkelen blir truffet av en møtende bil som skal svinge til venstre. I Norge utgjorde slike ulykker ca. 10% av alle dødsulykkene med motorsykler i 2005-2014 (Høye et al., 2016). Dette er den eneste ulykkestypen hvor bilister respekterer vikeplikten for motorsykler sjeldnere enn vikeplikten for andre typer motorkjøretøy (de Craen et al., 2011).

Flere empiriske studier og norsk ulykkesstatistikk viser at motorsyklister har høyere risiko for å bli drept eller alvorlig skadd i mørke som i dagslys (Shaheed & Dissanayake, 2011; Shaheed et al., 2011). I en svensk studie (Zambon & Hasselberg, 2006) er risikoen for alvorlige personskader 25% høyere i mørke enn i dagslys når man kontrollerer for en rekke andre faktorer, bl.a. alkoholpåvirkning og tid på døgnet (kl. 00-06 er det 40-75% større risiko enn på andre tider). Shaheed et al. (2011) viser at det i mørke er en større andel av kollisjonene mellom en motorsykkel og et annet kjøretøy hvor det andre kjøretøyet kjører på motorsykkelen enn i dagslys.

En svensk studie viser at kun omtrent 10% av alle motorsyklister alltid kjører med refleksvest og at omtrent en tredjedel bruker refleksvest av og til (Nordqvist & Gregersen, 2010).

Skader i motorsykkelulykker: De fleste skader som motorsyklister pådrar seg i ulykker med personskade og som ikke er hodeskader, er skader på ben/føtter (72% av motorsyklister) eller armer (44%), fulgt av skader på bryst (22%), bekken (14%), nakke (7%) og buk/mage/underliv (6%). Andelen er basert på en studie fra Tyskland (Otte et al., 2012) hvor andelen som kjører med hjelm trolig er omtrent like høy som i Norge. Resultatene er svært like resultater fra andre studier (Ankarath et al., 2002; Bambach et al., 2012; de Rome et al., 2011A; Phan et al., 2008). I kollisjoner med rekkverk som har dødelig utgang, får 80% av motorsyklister alvorlige skader på overkroppen og 45% hodeskader (Bambach et al., 2012).

Formål: Hjelmer for motorsyklister, mopedister og personer på ATV skal beskytte mot hodeskader ved ulykker og redusere alvorlighetsgraden av slike skader. Påbud om bruk av hjelm har til formål å redusere skadetallet i disse trafikantgruppene ved å øke andelen som bruker hjelm. Formålet med vernetøy for motorsyklister er å beskytte mot og redusere omfanget av personskader ved ulykker. Formålet med synlige farger og reflekterende materialer er å gjøre motorsyklister mer synlige og å tiltrekke andre trafikanters oppmerksomhet.

5.2 Beskrivelse av tiltaket

Motorsykkelhjelmer: Det finnes ulike typer hjelmer for moped og motorsykel. To hovedkategorier er helhjelmer og halvhjelmer. Halvhjelmer mangler hakeparti og de fleste har heller ikke visir. På noen helhjelmer kan man åpne hakepartiet (delbare hjelmer). Hjelmer består i hovedsak av et ytre skall, et støtabsorberende materiale (liner) på innsiden, en hakestropp og et chin guard og visir (på helhjelmer). For å kunne brukes på motorsykel eller moped må hjelm tilfredsstillende internasjonale ECE-krav (ECE norm 22-05). Det finnes andre testprogrammer med et bredere utvalg av tester og strengere kriterier enn ECE-normen som f.eks. SHARP (www.sharp.direct.gov.uk) som tester offisielt godkjente hjelmer og som er sammenlignbar med testprogrammet Euro NCAP for personbiler. Et annet testprogram er SNELL (www.smf.org) som sertifiserer hjelmer etter en egen norm.

Nakkebeskyttere: En typisk skademekanisme for skader på nakkevirvlene (cervical spine injury) er direkte slag på hjelmen (uten rotasjon) som medfører kraftige nakkebevegelser med store vinkler (Whyte et al., 2015). Slike slag forekommer i ca. 45% av ulykkene i dybdestudien av skadde motorsyklister til Whyte et al. (2015). For å redusere risikoen for slike skader er det utviklet nakkebeskyttere. Disse er utformet som en ring mellom skuldrene og hjelmen (Geisinger et al., 2007; Thiele et al., 2015). Virkninger av nakkebeskyttere på skader er hittil ikke empirisk undersøkt.

Hjelmpåbud: I Norge er det påbudt å bruke godkjent hjelm under kjøring med moped, motorsykel, beltemotorsykel (snøscooter) og firehjuls motorsykel. Unntak er bl.a. kjøring på beltemotorsykel i forbindelse med pasienttransport, rein- eller skogsdrift og lignende, samt kjøring med firehjuls motorsykel når denne har karosseri og bilbelte. Påbudet ble innført i Norge 1. april 1977. Gebyr for ikke-bruk av hjelm ble innført i 1979 og er i 2016 på 1.500 kr.

I USA hvor mange av studiene om hjelmbruk er gjort, var det i 2009 21 delstater hvor det ikke var påbudt for alle motorsyklister å bruke hjelm (Houston et al., 2010). I noen delstater i USA er det kun påbudt for spesifikke grupper, f.eks. unge førere, å bruke hjelm.

Refleks og verneutstyr: Vernetøy for motorsyklister omfatter dresser, jakker, bukser, hansker, støvler, neonfargede vester med refleks og separate ryggbeskyttere. I Europa er det utviklet (veiledende, ikke ennå implementerte) standarder for vernetøy for motorsyklister med krav til (a) beskyttelse mot skrubbe-, snitt- og lignende sår, og (b) absorpsjon og fordeling av støt / slag ved bruk av polstring av bl.a. knær, albuer og rygg (de Rome et al., 2012). Separate ryggbeskyttere lages som regel av støtabsorberende skum på innsiden og hard plast på utsiden. Noen motorsyklister bruker såkalte sped humps på ryggen som har som formål å bedre aerodynamikken (speed humps er opprinnelig utviklet for konkurransekjøring, noen bruker dem også ved kjøring på offentlige veier).

I Norge bruker de aller fleste motorsykkelførere verneutstyr. Andelen som alltid bruker verneutstyr, er 76% for vernebukser, 93% for vernejakker og -hansker, 81% for motorsykkelstøvler og 49% for ryggskinne. Nakkebeskytter brukes derimot ikke av de fleste (93% brukes aldri nakkebeskytter). Utstyr som øker synligheten brukes alltid av 25%, noen ganger av 37% og aldri av 37%. For førere av scootere eller mopeder er det ikke funnet studier som viser hvor vanlig det er å bruke verneutstyr.

Studier fra USA, Frankrike og Australia (de Rome et al., 2002, 2011A; Phan et al., 2008; Reeder et al., 1996) viser at bruk av vernetøy og refleks eller andre spesielt godt synlige klær er mest vanlig blant motorsyklister som er over 25 år, som har førerkort, som kjører mye, som er medlem i en motorsykkel-klubb og som tror at verneutstyr beskytter effektivt mot skader. Bruk av verneutstyr er mer vanlig blant førere enn blant passasjerer på motorsyklar og mer vanlig blant motorsykkelførere enn blant scooter-førere. Det mest brukte verneutstyret var jakker og hansker (brukes nesten like mye som hjelm i USA og Australia og av over halvparten i Frankrike), mens vernebukser var det minst brukte verneutstyret i alle tre land (8% i USA, 38% i Frankrike og 45% i Australia). Resultater av en annen studie (Mangus et al., 2004) tyder på at bruk av verneutstyr er stabil over tid og i liten grad påvirket av erfaringer. Studien viste at de fleste motorsyklister som var innblandet i en ulykke og som ikke hadde brukt hjelm / vernetøy før ulykken, fortsetter å ikke bruke hjelm / vernetøy etter ulykken.

5.3 Virkning på skaderisiko

5.3.1 Virkninger av motorsykkelhjelm

Det er godt dokumentert at bruk av hjelm på motorsyklar og moped reduserer risikoen for alvorlige hodeskader. Elvik et al. (2009) viser i en metaanalyse av 26 studier fra 1943-1995 at hjelm reduserer antall dødelige hodeskader med 44% (-55; -32). Liu et al. (2008) viser i en metaanalyse av 62 studier fra 1977-2006 at hjelm reduserer risikoen for å bli drept med 42% (-50; -32) og risikoen for hodeskader med 69% (-75; -62). Resultatene er forholdsvis konsistente mellom studiene, uavhengig av studienes kvalitet. Resultatene fra en metaanalyse av studier fra 2007-2016 er oppsummert i tabell 2. Resultatene som gjelder bruk av hjelm (vs. ingen hjelm, gitt at man er involvert i en ulykke) er basert på de følgende 25 studiene, som alle har kontrollert for promillekjøring og andre forstyrrende variabler (til sammen ble det funnet 56 studier, men studier uten kontroll for promillekjøring er ikke inkludert i analysene):

Savolainen & Mannering, 2007 (USA)

Kanitpong et al., 2008 (Thailand)

Moskal & Laumon, 2008 (Frankrike)

Bowman et al., 2009 (USA)

Croce et al., 2009 (USA)
Crompton et al., 2010 (USA)
Eustace et al., 2010 (USA)
Crompton et al., 2011 (USA)
Geedipally et al., 2011 (USA)
Huang & Lai, 2011 (Taiwan)
Nunn, 2011 (USA)
Yu et al., 2011 (Taiwan)
Crompton et al., 2012 (USA)
Jou et al., 2012 (Taiwan)
Pelletier et al., 2012 (Canada)
Denning, Harland & Ellis, 2013 (USA)
McIntosh et al., 2013 (Australia)
Philip et al., 2013 (USA)
Gupta et al., 2014 (India)
Snyder et al., 2014 (USA)
Lam et al., 2015 (Taiwan)
Liu et al., 2015 (Taiwan)
Wiznia et al., 2015 (USA)
Erhardt et al., 2016 (USA)
Rice et al., 2016 (USA)

Virkingen av ulike typer hjelm, gitt at man er involvert i en ulykke, som er oppsummert i tabell 2, er undersøkt i de følgende studiene (litteratursøket var begrenset til år 2000 eller senere):

O'Connor et al., 2002 (Australia)
O'Connor, 2005 (Australia)
Yu et al., 2011 (Taiwan)
Brewer et al., 2013 (USA)
Cini et al., 2014 (Brasil)
Ramli et al., 2014 (Malaysia)
Lam et al., 2015 (Taiwan)
Erhardt et al., 2016 (USA)

Virkingen av å miste hjelmen i ulykken er basert på disse studiene:

O'Connor et al., 2002 (Australia)
Ouellet & Kasantikul, 2006 (Thailand)
Yu et al., 2011 (Taiwan)
Ramli et al., 2014 (Malaysia)

Tabell 2: Virkningen av hjelmbruk blant førere og passasjerer på motorsykekel på risikoen for å bli drept og for å få ulike typer skader.

| Type MC | Skadegrad | Prosent endring av antall ulykker | |
|--|-------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| | | Beste anslag | Usikkerhet i virkning |
| Hjelm vs. ikke hjelm (tunge motorsykler) | | | |
| Mest tunge motorsykler | Drept | -28 | (-36; -18) |
| | Hodeskade | -60 | (-65; -55) |
| | Hjerneskode | -47 | (-77; +23) |
| | Nakkeskade | -14 | (-30; +7) |
| | Ansiktsskade | -63 | (-69; -55) |
| | Andre skader | ±0 | (-20; +25) |
| Hjelm vs. ikke hjelm (lette motorsykler) | | | |
| Mest lette motorsykler | Drept | -64 | (-76; -47) |
| | Hodeskade | -58 | (-67; -45) |
| | Hjerneskode | -74 | (-94; +9) |
| | Nakkeskade | -48 | (-74; +5) |
| | Ansiktsskade | -14 | (-33; +11) |
| | Andre skader | +8 | (-28; +62) |
| Helhjelm vs. delbar hjelm (tunge motorsykler) | | | |
| Mest tunge motorsykler | Hodeskade | -7 | (-31; +23) |
| Helhjelm vs. halvhjelm | | | |
| Mest tunge motorsykler | Drept | -39 | (-84; +131) |
| Tunge/lette motorsykler | Hodeskade | -45 | (-51; -39) |
| Mest lette motorsykler | Hjerneskode | -3 | (-59; +127) |
| Tunge/lette motorsykler | Nakkeskade | -45 | (-52; -38) |
| Helhjelm vs. novelty hjelm (alle motorsykler) | | | |
| Tunge/lette motorsykler | Hode-/hjerneskode | -63 | (-69; -57) |
| Hjelm faller av | | | |
| Mest lette motorsykler | Drept | +106 | (+67; +154) |
| Mest lette motorsykler | Hode-/hjerneskode | +1494 | (+656; +3262) |
| Mest tunge motorsykler | Nakkeskade | -39 | (-81; +99) |
| Mest lette motorsykler | Ansiktsskade | +130 | (+58; +234) |

Hjelm vs. ikke hjelm (tunge motorsykler): Resultatene i tabell 2 viser at bruk av motorsykelhjelm reduserer risikoen for å bli drept med 28% og risikoen for hodeskader med 60%. Virkningen på hjerneskode er noe mindre enn virkningen på hodeskader (hodeskader omfatter delvis også hjerneskode, men også andre hodeskader som f.eks. kraniebrudd). For nakkeskader ble det funnet en reduksjon på 14% som ikke er statistisk signifikant. Disse resultatene er basert på studier fra 2007 eller senere, som har kontrollert for promillekjøring og som i hovedsak er basert på tunge motorsykler. De fleste hjelmene i disse studiene er helhelmer, men noen er halvhjelmer (de aller fleste studiene har ikke spesifisert andelen halvhjelmer).

Hjelm vs. ikke hjelm (lette motorsykler): I studier som for det meste er basert på lette motorsykler (dette er studier fra land som Thailand, Taiwan og Malaysia) ble det funnet en større effekt på risikoen for å bli drept enn i studier fra andre land hvor de fleste motorsykler er tunge. Dette kan delvis ha sammenhengen med farten og at det kjøres mer i urbane områder (motorsykkelhjelmer har vist seg å være mer effektive ved lavere fart). At virkningen på ansiktsskader er mindre enn på tunge motorsykler kan skyldes at det er større andeler som bruker halvhjelm (Yu et al., 2011; Lam et al., 2015; i de fleste andre studiene er andelen halvhjelmer ikke spesifisert) og at disse ikke eller kun i liten grad beskytter mot ansiktsskader.

Helhjelm vs. delbar hjelm: Helhjelm ser ut til å være noe mer effektive enn delbare hjelmer i å forhindre hodeskader (-7%), men forskjellen er ikke statistisk signifikant.

Helhjelm vs. halvhjelm: Helhjelm istedenfor halvhjelm ser ut til å ha nesten like stor effekt på hodeskader som helhjelm istedenfor ingen hjelm og større effekt på risikoen for å bli drept samt på nakkeskader. Kun risikoen for hjerneskader ser ut til å være omtrent den samme med hel- og halvhjelm, dette resultatet er imidlertid kun basert på én studie. Alt i alt tyder disse resultatene på at halvhjelmer ikke har noen (stor) beskyttende effekt. Likevel har studier som har sammenlignet virkningen av halvhjelm vs. ingen hjelm, funnet en reduksjon av antall hodeskader på 51% (-74; -9) og en reduksjon av ansiktsskader på 32% (-63; +24) (Ramli et al., 2014; Sung et al., 2016). Virkningene er i begge studiene betydelig mindre enn virkningene av helhjelm. Det er dermed usikkert hvorvidt halvhjelmer har en beskyttende virkning.

Resultatene er basert på alle typer studier fra 1990 eller senere (de fleste fra etter 2007) og delvis på lette motorsykler. Resultatene endrer seg imidlertid kun i liten grad hvis man begrenser analysen til f.eks. nyere studier, studier som har kontrollert for forstyrrende variabler eller studier av tunge motorsykler. Skader på hode, hjerne, nakke og ansikt har også vist seg å være mindre alvorlige med helhjelm enn med halvhjelm i to studier som ikke inngår i resultatene i tabell 2 (Hitosugi et al., 2004; Yokoyama et al., 2006).

To dybdestudier av motorsykkelykker i Australia (Brown et al., 2015; Whyte et al., 2015) viser at helhjelm gir bedre beskyttelse enn halvhjelmer, især for brudd i ansiktet, kjeven og tennene, men også for hodeskader generelt. I ulykker får helhjelm de fleste og mest alvorlige skadene foran. Forklaringen er at de fleste sammenstøt med motorsyklistens hode skjer forfra hvor halvhjelmer ikke gir noen beskyttelse. Et annet problem med halvhjelmer er at risikoen for å miste hjelmen er større enn ved helhjelm (Richter et al., 2001).

Helhjelm vs. novelty-hjelm: Novelty-hjelmer er hjelmer av «suppebolle»-typen som ikke er godkjent og som mangler støtabsorberende foring. Reduksjonen av risikoen for hode- og hjerneskader med hjelmhjelm er omtrent like stor i forhold til novelty-hjelmer som i forhold til ingen hjelm. Dette tyder på at novelty-hjelmer ikke har noen effekt på hode- og hjerneskader. Formålet med slike hjelmer er å unngå nakkeskader. Det er ikke funnet studier som har undersøkt dette empirisk.

Hjelm faller av: Når hjelmen faller av i ulykken, medfører dette en betydelig økning av risikoen for å bli drept og for å få hode-, hjerne- og ansiktsskader. Virkningen på nakkeskader er ikke statistisk signifikant og kun basert på én relativt liten studie. At økningen av hode- og hjerneskader er betydelig større enn man kunne forvente ut fra effekten av å bruke vs. ikke å bruke hjelm kan trolig forklares med at ulykker hvor hjelmen faller av, ofte er mer alvorlige enn andre ulykker. En analyse av dødsulykker med motorsykkel i Norge i 2005-2014 viser at andelen med dødelige hodeskader er betydelig høyere blant motorsyklister som mister hjelmen i ulykken (84%) enn blant dem som ikke mister hjelmen (49%) og omtrent like høy som blant dem som hadde kjørt uten hjelm (83%). Selv om de som mistet hjelmen trolig hadde mer alvorlige ulykker, viser resultatene at hjelmen mister hele eller mesteparten av effekten når den faller av.

Moderatorvariabler: Det finnes en rekke faktorer som kan tenkes å påvirke virkningen av hjelm og resultatene av evalueringsstudier.

- **Større effekt ved lavere fart:** To studier viser at virkningen av hjelm er større ved lavere fart (Bambach et al., 2011; Shibata, 1994).
- **Skadegrader i datamaterialet kan påvirke resultatene:** De aller fleste studiene av virkningen av motorsykkelhjelm er basert på skadde som ble behandlet på sykehus som er spesialisert på behandling av traumer. Dvs. at datamaterialet ikke inneholder verken uskadde/lettere skadde eller motorsyklister som dør på ulykkesstedet. Når personer som dør på ulykkesstedet eller under transporten ikke er inkludert i datamaterialet, vil virkningen av hjelm være underestimert fordi motorsyklister uten hjelm oftere enn de med hjelm dør på stedet eller under transport (Chapman et al., 2014; Forman et al., 2012; Wiznia et al., 2015), men det er funnet for få studier for å undersøke dette systematisk.
- **Større virkninger uten kontroll for forstyrrende variabler:** Ikke-bruk av hjelm henger sammen med mange andre typer risikofullt og manglende kontroll for forstyrrende variabler kan derfor føre til at virkningen av hjelm blir overestimert og studier uten kontroll for forstyrrende variabler som har sammenlignet f.eks. andelen drepte blant førere med og uten hjelm, har i gjennomsnitt funnet større effekter av hjelm enn studier som har kontrollert for forstyrrende variabler. I litteraturstudien til Kim et al. (2015) derimot, som fokuserer på effekten av hjelm på behandlingskostnader etter motorsykkelykker, er det funnet én studie som har kommet fram til omtrent de samme resultatene med og uten kontroll for ruspåvirket kjøring, mens de øvrige studiene ikke har kontrollert for dette.
- **Muligens større virkning over tid:** Forbedret utforming av hjelmer kan tenkes å ha bidratt til at virkningen av motorsykkelhjelmer er blitt større over tid. En slik trend lar seg imidlertid ikke identifisere i studiene som er oppsummert i metaanalysen i tabell 2 og heller ikke når man i tillegg inkluderer studiene som er oppsummert av Elvik et al. (2009) og Liu et al. (2008) i analysen. En amerikansk studie (Deutermann, 2004) viser imidlertid i en analyse av dødsulykker med motorsykler i USA at virkningen av hjelmer har økt over tid. Virkningen på risikoen for å bli drept har ifølge denne studien økt fra en reduksjon på 29% i 1982-1987 til en reduksjon på 37% i 1993-2002.

Hjelmb Bruken blant motorsykkelførere og -passasjerer har i en rekke studie vist seg å påvirke en rekke andre faktorer. Virkninger som ble funnet av hjelmb bruk er bl.a.:

- Lavere behandlingskostnader (Kim et al., 2015, metaanalyse)
- Tidligere utskrivning fra sykehus og mindre behov for intensivbehandling (Brown et al., 2011; Philip et al., 2013; Wiznia et al., 2015)

- Bedre helse generelt og sjeldnere pleietrengende ved utskriving fra sykehus (Brown et al., 2011; Hooten & Murad, 2012; Philip et al., 2013)
- Mindre språkvansker (Crompton et al., 2010)
- Mindre alvorlige bevissthetsforstyrrelser (Hooten & Murad, 2012; Wiznia et al., 2015)
- Færre organdonasjoner (Dickert-Conlin et al., 2011).

Det er ikke funnet studier som har sammenlignet virkningen av hjelmbruk mellom moped og motorsykkel eller mellom ulike typer motorsykkel.

5.3.2 Hjelmbruk og nakkeskader

Det hevdes noen ganger av motorsykkelhjelm øker risikoen for nakkeskader. En studie fra 1986 (Goldstein, 1986) viste tilsynelatende at motorsykkelførere som bruker hjelm, har flere nakkeskader enn førere uten hjelm og at hjelm ikke har noen effekt på risikoen for å bli drept, selv om den beskytter mot hodeskader. En reanalyse av denne studien (Rice et al., 2016) viser imidlertid at resultatene ikke er metodisk holdbare og at det samme datamateriale med korrekte statistiske analysemetoder viser at hjelmb Bruken reduserer nakkeskader med 37% (statistisk signifikant).

Også de fleste andre studiene viser at hjelmb bruk ikke øker nakkeskader. Risikoen for nakkeskader er uendret ifølge metaanalysen til Liu et al. (2008) og noe redusert (ikke-signifikant) ifølge studiene som er oppsummert i tabell 2. Et generelt påbud om å bruke motorsykkelhjelm har også vist seg å redusere andelen skadde motorsyklister med nakkeskader (Dao et al., 2012). Laboratoriumsforsøk med motorsykkelhjelmer tyder heller ikke på at hjelm øker risikoen for nakkeskader (McIntosh & Lai, 2013).

5.3.3 Hjelmb bruk på ATV

Virkingen av hjelmb bruk blant førere og passasjerer på ATV på risikoen for å bli drept og for å få ulike typer skader (gitt at man er involvert i en ulykke), som er oppsummert i tabell 3, er undersøkt i de følgende studiene (litteratursøket var begrenset til år 2000 eller senere):

- Carr et al., 2004 (USA)
- Bowman et al., 2009 (USA)
- O'Connor et al., 2009 (USA)
- McBride et al., 2011 (USA)
- Merrigan et al., 2011 (USA)
- Miller et al., 2012 (USA)
- Pelletier et al., 2012 (Canada)
- Denning et al., 2013 (USA)
- Rostas et al., 2014 (USA)
- Snyder et al., 2014 (USA)

Tabell 3: Virkningen av hjelmbruk blant førere og passasjerer på ATV på risikoen for å bli drept og for å få ulike typer skader.

| Ulykkestyper som påvirkes | Skadegrad | Prosent endring av antall ulykker | |
|---------------------------|-------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| | | Beste anslag | Usikkerhet i virkning |
| Alle ulykker med ATV | Drept | -63 | (-72; -53) |
| Alle ulykker med ATV | Hode-/hjerneskode | -58 | (-67; -47) |
| Alle ulykker med ATV | Nakkeskade | -40 | (-75; +43) |
| Alle ulykker med ATV | Ansiktsskade | -48 | (-66; -22) |
| Alle ulykker med ATV | Andre skader | -35 | (-66; +26) |

Resultatene i tabell 3 viser at hjelm reduserer risikoen for å bli drept med 63%. Virkningen på hodeskader er nesten like stor og virkningen på ansiktsskader noe mindre men også statistisk signifikant. At virkningen på ansiktsskader er mindre kan skyldes at ikke alle benytter helhjelm og at halvhjelmer i mindre grad enn helhjelm beskytter mot ansiktsskader. Hvilken type hjelm som er brukt, er i de fleste studiene ikke oppgitt. For nakkeskader ble det også funnet en relativt stor reduksjon men denne er ikke statistisk signifikant.

Unge og barn på ATV får betydelig flere og mer alvorlige hodeskader i ulykker (Smith et al., 2005). Resultatene tyder likevel ikke på at det er noen systematiske forskjeller i virkningen av hjelmbruk mellom voksne og barn. Og en studie som har undersøkt virkningen blant voksne og barn har ikke funnet noen stor forskjell i virkningen (Bowman et al., 2009). Det er heller ikke funnet systematiske forskjeller i virkningen mellom ulike typer studier (med og uten kontroll for alkohol og skadegrad) eller mellom studier med ulike andeler som brukte hjelmen.

Virkningen av et påbud om hjelm på ATV ble undersøkt av McBride et al. (2011). Resultatene viser ingen effekt på hjelmbruken blant barn (andelen med hjelm i alvorlige ulykker har gått ned, men endringen er ikke statistisk signifikant).

5.3.4 Utstyr på hjelmen

Teststandarder for motorsykkelhjelmer krever at hjelmen har en jevn og glatt utside for å minimere friksjon og rotasjon. Når førere bruker utstyr som f.eks. bluetooth eller videokameraer er det ofte montert utstyr på utsiden av hjelmen. Dybdestudien til Whyte et al. (2015) viste at motorsykkelførere som hadde slikt utstyr på hjelmen noe oftere enn andre hadde hjerneskode som kan knyttes til rotasjonsbevegelser (forskjellen er imidlertid basert på få ulykker og ikke statistisk signifikant).

5.3.5 Hjelmutforming og -testing

Selv om en studie fra USA (Deuterman, 2004) viser at hjelmer er blitt mer effektive over tid, er det ikke mulig å finne en slik tendens i en samlet analyse av studier fra 1943 til 2016. Dette tyder på at det fortsatt kan være et potensiale for å forbedre utformingen av motorsykkelhjelmer. Testprogrammer som motorsykkelhjelmer må gjennomgå for godkjenning, tester i hovedsak hjelmens virkning i direkte sammenstøt og ikke eller kun i liten grad hvordan hjelmutformingen påvirker rotasjonsbevegelser i hjernen (Whyte et al., 2015). De fleste hjerneskode i motorsykkelykker oppstår imidlertid når hodet får en rotasjonsbevegelse i sammenstøtet (Whyte et al., 2015).

Flere studier viser at tester for godkjenning etter ECE-normen ikke er tilstrekkelige for å oppnå optimal beskyttelse (Carnevale Lon, 2014; Fernandes & Sousa, 2013; Fernandes et al., 2013; Mills et al., 2009). Det er forbedringspotensial både mht. hodemodellene som benyttes i testene og testene som i for liten grad fokuserer på rotasjonsbevegelser (Fernandes et al., 2013). King et al. (2003) viser at rotasjonen i hjernen i ulykker er omtrent den samme med og uten hjelm. Det finnes prototyper av hjelmer som er utformet for å gi bedre beskyttelse mot skader fra rotasjonsbevegelser (Fernandes & Sousa, 2013), men det er ikke funnet studier som har undersøkt virkningen av slike hjelmer i ulykker.

En tysk studie som er basert på data fra dybdeanalyser av dødsulykker med motorsykler antar at bedre hjelmer kunne ha påvirket utfallet i 41% av ulykkene (Fredriksson & Sui, 2015). 48% av de drepte i denne studien (som alle hadde brukt hjelm) hadde dødelige hodeskader, som er omtrent den samme andelen som blant drepte motorsyklister med hjelm i Norge.

Det finnes alternative testprogrammer som SHARP (<http://sharp.direct.gov.uk>) og SNELL (www.smf.org) som har flere ulike tester, inkludert rotasjonstester og strengere kriterier. SHARP publiserer også mer differensierte resultater hvor hver hjelm kan få én til fem stjerner.

5.3.6 Hjelmpåbud for motorsykkelførere og -passasjerer

Påbud om bruk av hjelm under kjøring av moped og motorsykel påvirker antall skadde og drepte ved å øke andelen som kjører med hjelm. I Norge var andelen som brukte hjelm på moped og motorsykel i 1976, da bruk av hjelm var frivillig, omlag 55%. I 1977 ble påbudet om å bruke hjelm innført. I 1980 hadde hjelmbruken økt til 93%. I 1993 var andelen 98% i tettbygde strøk og 100% i spredtbygde strøk (Fosser, 1995). Også i andre land har det vist seg at hjelmpåbud øker bruken av hjelm og at innføringen av et påbud reduserer antall drepte på motorsykler eller at oppheving av hjelmpåbud øker antall drepte på motorsykler.

En metaanalyse av studier fra 1978-1994 (Elvik et al., 2009) viste at innføring av hjelmpåbud medfører en reduksjon av antall drepte og skadde på motorsykler på henholdsvis 26% og 27%, mens opphevelse av hjelmpåbud medfører en økning av antall drepte og skadde på henholdsvis 30% og 8%. Alle resultatene er statistisk signifikante. De fleste undersøkelser er fra USA, der de fleste delstater innførte påbud om bruk av hjelm i perioden 1967-1970. I perioden 1976-1978 opphevet over halvparten av de 50 delstatene påbudet. Etter 1990 har en rekke delstater gjeninnført hjelmpåbud. I en litteraturoversikt fra 2010 henviser MacLeod et al. (2010) til 12 studier av innføringen av hjelmpåbud som fant reduksjoner av antall drepte på motorsykler på mellom 19 og 49% og til fem studier av virkningen av å oppheve hjelmpåbud som fant økninger av antall drepte på motorsykler på opptil 30%.

I delstater i USA med hjelmpåbud er andelen av alle drepte motorsyklister som ikke hadde brukt hjelm, betydelig lavere (12%) enn i delstater med et generelt påbud som gjelder alle motorsyklister (79%; MMWR, 2012). I delstater hvor hjelmpåbudet kun gjelder unge førere (såkalte partielle lover) er andelen uten hjelm 64%. Disse tallene tyder på at hjelmpåbud medfører en økning av andelen som kjører med hjelm, men at det likevel er langt fra alle som kjører med hjelm. Når hjelmpåbudet bare gjelder unge førere har det vist seg at det er 38% flere unge drepte på motorsykler (under 21 år) enn når hjelmpåbudet gjelder alle (Weiss et al., 2010). Dette gjelder når man kontrollerer for en rekke andre faktorer, bl.a. alder og forsikringsstatus.

Lee (2015) viser i en analyse av data fra over 33 år at hjelmpåbud reduserer antall motorsykkelykker med mellom 18 og 32%. Dette tolkes slik at hjelmpåbud fører til en reduksjon av risikoatferd og/eller eksponering. En annen studie (Lin et al., 2003) fant derimot ingen sammenheng mellom hjelmbruk og ulykkesrisiko når man kontrollerer for andre faktorer som bl.a. kjørelengde, alkohol og førerkortstatus.

5.3.7 Vernetøy for motorsyklister

Resultatene fra studier som har tallfestet virkningen av vernetøy for motorsyklister på ulike typer skader i motorsykkelykker er oppsummert i tabell 4. Resultatene er basert på de følgende studiene:

- Otte, 2002 (Tyskland)
- König & Berg, 2006 (Tyskland)
- Phan et al., 2008 (Frankrike)
- de Rome et al., 2011A (Australia)
- Giustini et al., 2014 (Italia)
- McCartt et al., 2011 (USA)
- McIntyre et al., 2011 (Australia)
- de Rome et al., 2012 (Australia)
- Erdogan et al., 2013 (Tyrkia)
- Brown et al., 2015 (Australia)

Tabell 4: Virkninger av vernetøy for motorsyklister på personskader i motorsykkelykker.

| | Prosent endring av skaderisiko | |
|---|--------------------------------|-----------------------|
| | Beste anslag | Usikkerhet i virkning |
| Alle typer utstyr - skader på alle kroppsregioner | | |
| Åpent sår | -64 | (-70; -56) |
| Uspesifisert mindre skade | -43 | (-63; -11) |
| Skader på ledd/sener, kvestelser mv. | -37 | (-48; -25) |
| Indre skade | -34 | (-49; -14) |
| Uspesifisert skade | -26 | (-32; -19) |
| Brudd | +3 | (-13; +22) |
| Skader på beskyttet kroppsregion - alle typer skader | | |
| Uspesifisert vernetøy | -26 | (-49; +7) |
| Separat ryggbeskytter | -51 | (-72; -14) |
| Støvler | -50 | (-62; -34) |
| Hansker | -40 | (-63; -2) |
| Bukse | -25 | (-35; -12) |
| Jakke | -18 | (-37; +5) |
| Jakke/bukse med polstring | -24 | (-32; -15) |
| Jakke/bukse uten polstring | -13 | (-26; +3) |

Bruk av verneutstyr og ulykkesinnblanding: Motorsykkelførere som bruker verneutstyr har betydelig færre ulykker enn førere uten verneutstyr, hvis man ikke kontrollerer for andre faktorer (Brown et al., 2015; Hurt & Wagar, 1981; McCartt et al., 2011). I studien til McCartt et al. (2011) har motorsyklister som bruker vernejakke, vernestøvler eller high-viz klær omtrent 80% færre ulykker enn andre motorsyklister. Dette er trolig en atferdseffekt, dvs. at førere som bruker verneutstyr også ellers viser mindre risikoatferd. I dødsulykkene i Norge i 2005-2014 har det blant dem som ikke brukte verneklær, omtrent dobbelt så store andeler som har vært utløsende enhet i ulykken og som har enten kjørt betydelig over fartsgrensen, i beruset tilstand og/eller uten gyldig førerkort (Høye et al., 2016).

I studien til de Rome et al. (2011B) har bruk av verneutstyr derimot ikke vist seg å ha sammenheng med risikoatferd blant nye førerkortinnehavere (kjøring uten førerkort og trafikkforseelser som bilfører). I resultatene fra studiene som er oppsummert i tabell 4 er det ikke funnet systematiske forskjeller mellom studier som har kontrollert for føreregenskaper, ulykkenes alvorlighet eller lignende, og studier som ikke har kontrollert for slike faktorer. Resultatene i tabell 4 er derfor basert på alle studier, uavhengig av hvorvidt det er kontrollert for forstyrrende variabler.

Verneutstyr reduserer mest lettere skader: Resultatene i tabell 4 viser at vernetøy beskytter mest mot åpne sår og skader på ledd/sener, kvestelser mv. («soft tissue injuries») og har større virkning på lettere skader enn på mer alvorlige skader. Antall bruddskader er omtrent uendret.

Over halvparten av alle personskadeulykker med motorsykkel medfører at motorsykkelførere sklir over vegen etter å ha falt fra motorsykkelen (Baldock et al., 2011) og beskyttelse mot skrubb- og brannsåre kan derfor redusere skadeomfanget i mange ulykker (Hurt et al., 1981; de Rome et al., 2011A; Elliott et al., 2003; Phan et al., 2008). Vernetøy har også vist seg å redusere forurensning og infeksjonsfare ved større skader og risikoen for kompliserte og åpne brudd (Aldman et al., 1981; de Rome et al., 2011A; Otte et al., 2002). En skadereduserende virkning på kompliserte brudd ble i studien til Otte et al. (2002) kun funnet i ulykker med en relativ fart i ulykken på over 30 km/t. At vernetøy kan øke sjansen for å bli helt frisk i løpet av de første seks månedene etter ulykken ble vist i studien til de Rome et al. (2012). Andelen motorsykkelførere som var helt friske seks måneder etter å bli skadd i en ulykke, var 6,22 ganger så høy blant dem som brukte vernejakker og -bukser enn blant dem som ikke gjorde dette (alle motorsyklister i studien hadde brukt hjelm).

Bedre virkning med polstring og slitestyrke: Virkningen av vernetøy med og uten polstring er undersøkt av de Rome et al. (2011A). Resultatene viser at vernetøy med polstring i gjennomsnitt medfører en skadereduksjon (for alle unntatt bruddskader) som er 23% større enn for verneutstyr uten polstring. Dette gjelder alle typer vernetøy og forskjellen med og uten polstring er størst for jakker og bukser. Virkningen på bruddskader er omtrent like stor med som uten polstring.

Den mest typiske skaden på motorsykkelklær etter ulykker er slitasjeskader og det har vist seg at jo mer slitesterke klær er, desto større er sjansen for å være uskadd i ulykker (Meredith et al., 2015).

Støvler kan særlig beskytte mot skader på hælen når foten / hælen blir klemmt inn i hjuleikene. Slike skader kan være alvorlige og medføre langvarige plager (Suri et al., 2007).

En grunnleggende forutsetning for motorsykkelbekledning er at den ikke har løse deler som kan bli surret inn i deler av motorsykkelen (Khan et al., 2015).

Størst virkning av separat ryggbeskytter: For separate ryggbeskyttere ble det funnet en reduksjon av antall ryggskader på 51%. For ryggbeskyttere som er integrert i jakken ble det funnet en økning av antall ryggskader, men denne er ikke statistisk pålitelig (ikke vist i tabell 4) og kan skyldes manglende kontroll for andre faktorer. I motsetning til en separat ryggbeskytter som er spent fast direkte på kroppen, kan integrerte ryggbeskyttere skli til siden og dermed miste noe av den skadereduserende virkningen.

Blant andre typer vernetøy ble de største effektene funnet for støvler og hansker og mindre effekter for jakker og bukser. Disse resultatene gjelder kun skader på de kroppsdelene som det respektive vernetøyet er ment å beskytte (f.eks. skader på overkropp og armer for jakker).

Ett tiltak som ikke er empirisk undersøkt er *speed humps* (i jakken). Dette er ikke ment som et sikkerhetstiltak og det er ikke funnet studier som har undersøkt virkningen på skader. Mulige uheldige virkninger er at speed humps kan gjøre det vanskelig for ambulansepersonell å utføre grunnleggende førstehjelp og at ryggskader muligens kan forverres (Hinds et al., 2007).

Tiltak som hittil kun er testet i kollisjonsforsøk og som ikke er vanlig å bruke blant motorsykkelførere på offentlig veg, er nakkebeskyttere og vernetøy med oppblåsbare puter. **Nakkebeskyttere** har som formål å forhindre nakkeskader som er sjeldne men som kan være svært alvorlige, og som er vanskelige eller umulige å behandle (Nawrocki et al., 2004). Nakkebeskyttere finnes på markedet, men kun i spesialforretninger for motorsport og det er ikke funnet studier som viser hvorvidt slikt utstyr faktisk beskytter mot nakkeskader. Nakkebeskyttere utvikles og testes i kollisjonsforsøk av BMW og KTM. Vernetøy med oppblåsbare puter, som *airbagvester*, er hittil kun testet i kollisjonsforsøk. Resultatene tyder på at slikt utstyr kan redusere skadeomfanget, spesielt ved skader på rygg og overkropp (Bambach et al., 2012; Di Tanna & Pieve, 2007).

5.3.8 Synlige klær og refleks

Virkningen av ulike farger på motorsyklisters klær og hjelm på antall ulykker er empirisk undersøkt i Australia av Wells et al. (2004). For synlige klær med refleks og/eller fluorescerende farger ble det funnet en reduksjon av antall personskaueulykker på 37% (95% konfidensintervall (-58; -5)) som er statistisk signifikant. Virkningen er enda større i skumring (-49%) og i mørke (-53%). Lyse hjelmer (hvit, gul eller oransje) har vist seg å redusere antall ulykker med i gjennomsnitt 25% (-42; ±0) som også er statistisk signifikant. For jakker og bukser i lyse (vs. mørke) farger ble det derimot ikke funnet noen effekt på ulykkesinnblanding. Selv om det er kontrollert for noen risikofaktorer (førerens alder, alkohol, førerkort og erfaring samt fartsgrense og lysforhold), er det mulig at det likevel er forskjeller i førerens atferd som kan ha bidratt til de store effektene som ble funnet for synlige klær og hjelm. Det er ikke oppgitt hvor mange av ulykkene som var eneulykker, men disse er ikke tatt ut av datamaterialet og synlige klær kan ikke tenkes å ha noen effekt på slike ulykker (unntatt eneulykker som skjer som følge av unnamanøvrering). Synlige klær har vist seg å ha større effekt enn de samme fargene på motorsykler (Olson et al., 1981; Huang & Preston, 2004).

Motorsykelklær med retroreflekterende eller fluorescerende materialer og farger har vist seg å gjøre det lettere å oppdage motorsyklister på større avstand, samt å redusere faren for at andre undervurderer motorsykkelenes fart og benytter for små tidsluker (Helman et al., 2012). Dette gjelder imidlertid ikke alle typer klær. Elliott et al. (2003) viste både i laboratorieforsøk og i feltstudier at jakker eller vester i fluorescerende farger gjør det lettere å oppdage motorsyklister, mens fluorescerende farger på hjelm eller buksene ikke har noen signifikant effekt. McCartt et al. (2011) fant en stor reduksjon av antall ulykker (-83%) for synlige klær med refleks og/eller fluorescerende farger, men denne kan skyldes manglende kontroll for andre faktorer.

Økt synlighet har vist seg å ha størst effekt på antall ulykker ved høy fart (Brenac et al., 2006). Dette kan forklares med at synlige farger gjør det lettere å vurdere farten og at det er spesielt vanskelig for bilførere å vurdere farten på kjøretøy med svake kontraster (Horswill & Plooy, 2008).

Gershon & Shinar (2013) viste i et eksperiment at blinklys på motorsykelhjelmer kan gjøre det lettere for bilister å oppdage motorsykkelen i kryss. Blinklys-anordningen som ble testet, er imidlertid ikke egnet til daglig bruk.

Til tross for at mange studier viser at synlige klær, især jakker, gjør det lettere å oppdage motorsyklister og å vurdere farten, er det noe uenighet om hvorvidt synlige farger og refleks øker sikkerheten (jf. Elliott et al., 2003; Nordkvist & Gregersen, 2010). Noen studier har vist at det teoretisk kan finnes enkelte situasjoner hvor svartkledde motorsyklister kan være bedre synlige (Gershon et al., 2012; Hole et al., 1996). Det er imidlertid kun spesifikke situasjoner hvor svarte klær kan være bedre synlig enn klær med fluorescerende eller lyse farger (f.eks. når man ser en motorsykel i silhuett mot en lys himmel). I mer komplekse omgivelser, f.eks. i byer, ble det i alle studiene funnet bedre synlighet med klær i fluorescerende eller lyse farger.

6 Førerstøttesystemer

Det finnes potensielt mange mulige førerstøttesystemer for motorsykler, men det er hittil kun ABS-bremser som har fått en viss utbredelse og som er empirisk evaluert. ABS-bremser på motorsykkel har vist seg å redusere antall personskadeulykker med omtrent 30%. Virkningen er større for mer alvorlige ulykker enn for mindre alvorlige ulykker, større på våt veg enn på tørr veg og større med kombinerte bremses enn med vanlige bremses. Andre aktive sikkerhetssystemer for motorsykler og mulige virkninger på ulykker er følgende: Slipper clutch reduserer faren for blokkerende hjul under nedgiring og kan ha en tilleggseffekt til ABS. Antispinn har trolig ikke noen stor effekt på ulykker. Automatisk nødbrems kan teoretisk påvirke utfallet i de fleste ulykkene hvor motorsykkelen bremses. Automatisk fartsjustering (Intelligent Speed Adaptation, ISA) kan påvirke fartsrelaterte ulykker, men kan også ha noen uheldige virkninger, avhengig av utformingen. Kurve- og kryssvarsling kan påvirke ulykker i henholdsvis kurver og kryss.

6.1 Problem og formål

I de fleste motorsykkelykkene har førerens atferd (især fartsvalg), vurdering av kjøreforholdene, tekniske kjøreferdigheter, eller motorsykkelenes kjøreegenskaper i større eller mindre grad medvirket til at ulykken skjedde. Dette gjelder også i mange kollisjoner som er utløst av motparten. Det finnes en rekke ulike førerstøttesystemer for motorsykler som har til formål å redusere forekomsten av slike faktorer.

Blokkerende hjul og underbremsing: Hvis ett av hjulene på en motorsykkel blokkerer ved bremsing eller nedgiring er det vanskelig eller umulig å gjenopprette stabiliteten. Blokkerende hjul fører derfor ofte til at førere mister kontroll og at motorsykkelen velter, spesielt i kurver og når det er framhjulet som blokkerer (HLDI, 2009). Mest vanlig er at motorsykkelen velter til den samme siden som den lener seg i kurven, men potensielt mer alvorlig er det når motorsykkelen velter til motsatt side (såkalt «highside»), noe som kan skje når bakhjulet blokkerer. Bremsing med blokkerende hjul har vist seg å øke risikoen for alvorlige skader i eneulykker (Wang et al., 2016).

I dødsulykker med motorsykler i Norge i 2005-2014 var det omtrent 33% av ulykkene med tunge motorsykler hvor ett av hjulene blokkerte under nedbremsing (Høye et al., 2016). En studie fra Tyskland viser at 77% av motorsykkelulykkene i kurver skjer i forbindelse med nedbremsing, 1% skjer i forbindelse med akselerasjon, 7% i forbindelse med styring og 12% uten at føreren har foretatt seg noe (46% av dødsulykkene med motorsykler i Tyskland skjer i kurver; Lich et al., 2015). I kollisjoner mellom motorsykler og biler bremses motorsyklisten i halvparten av ulykkene i studien til Penumaka et al. (2014) som er basert på data fra MAIDS-studien (fem europeiske land). I 41% av ulykkene hvor motorsykkelen bremses, førte dette til at ett av hjulene blokkerte. I 55% av ulykkene med nedbremsing bremses motorsyklisten kun ett av hjulene (kun bakhjulet i 33% og kun framhjulet i 22% av ulykkene med nedbremsing). En eldre tysk studie (Spörner et al., 2001) viste at motorsyklisten hadde bremses i 65% av kollisjoner med biler og blant disse veltet motorsykkelen i 19% av ulykkene. De fleste av veltene (93%) kunne ifølge denne studien ha vært unngått med ABS-bremser og dette hadde trolig ført til at motorsyklisten hadde vært oppreist i sammenstøtet, noe som ifølge flere andre studier trolig hadde redusert skadeomfanget.

Risikoen for blokkerende hjul fører til at mange motorsyklister lar være å bremse eller bremser for lite, særlig i kurver (Roll et al., 2009; Seining et al., 2012). Slik underbremsing kan delvis reduseres med kombinerte bremses (begge bremsene blir aktivert ved bremsing) eller automatisk nødbremse. Opplæring av motorsyklister i bremseteknikk har ikke vist seg å redusere ulykkesrisikoen (Teoh, 2010).

Det finnes flere tiltak som kan gjøre nedbremsingen med motorsykkel mer effektiv og mindre risikofylt. **Kombinerte bremses** har som formål å oppnå større bremseeffekt ved at for- og bakhjulet aktiveres ved bremsing med håndbrems (fotbremsen aktiverer kun bremsene på bakhjulet), samtidig som bremsekraften fordeles optimalt mellom for- og bakhjul. Både **blokkeringsfrie bremses (ABS-bremser)** og **slipper-clutch** på motorsykler har som formål å redusere faren for blokkerende hjul ved henholdsvis bremsing og nedgiring. Et annet formål er å redusere underbremsing som følge av at føreren vil unngå at hjulene blokkerer. **Automatisk nødbremse** har som formål å bremse eller å forsterke bremsekraften i situasjoner hvor en kollisjon er uunngåelig og hvor motorsyklisten ikke bremser eller bremser for lite. Dermed skal farten i kollisjonsøyeblikket reduseres slik at kollisjonen får mindre alvorlige konsekvenser (Savino et al., 2014).

Spinn: Ved kraftige akselerasjoner og på vått eller glatt veg kan bakhjulet på motorsykkelen miste veggrepet, noe som medfører at føreren kan miste kontroll og velte. I hvilken grad skrens på bakhjulet ved akselerasjon bidrar til (alvorlige) motorsykkelulykker er ikke kjent. **Anti-spinn** for motorsykler har som formål å redusere risikoen for å få skrens på bakhjulet under akselerasjon eller under dårlige friksjonsforhold.

Bakhjulskjøring: Under kraftige akselerasjoner kan framhjulet løftes fra bakken («wheelie»), noe som kan øke ulykkesrisikoen bl.a. fordi det er vanskelig å ha oversikt over trafikksituasjonen og å reagere på uforutsette situasjoner under bakhjulskjøring, og fordi motorsykler som kjører på bakhjulet kan være vanskeligere å oppdage, især forfra, for andre trafikanter. I dødsulykkene med motorsykler i Norge i 2005-2014 hadde motorsykkelen kjørt på bakhjulet i forkant av syv (2,8%) av ulykkene. I de fleste tilfellene skjedde disse ulykkene som følge av at motorsykkelen mistet kontrollen og i to tilfeller fordi motparten ikke hadde sett motorsykkelen. **Wheelie-control / launch control** har som formål å forhindre at motorsykkelen går opp på bakhjulet under akselerering.

For høy fart: Høy fart er en medvirkende faktor i en stor andel av motorsykkelykkene, især i alvorlige ulykker. I dødsulykker med motorsykler i Norge i 2010-2014 var det omtrent 40% av ulykkene hvor farten har vært enten så høy at den var over grensen for førerkortbeslag (21%) eller at den ble vurdert som for høy etter forholdene (19%). I dødsulykkene med R-sykkel var det til sammen 62% hvor farten har vært for høy. De fleste motorsykkelykker skjer på landeveger hvor fysiske fartsdempende tiltak er lite aktuelle. Automatisk fartskontroll fanger ikke opp motorsykler da disse har registreringsnummeret kun bak på kjøretøyet. **Automatisk fartstilpasning (Intelligent Speed Adaptation, ISA)** er opprinnelig utviklet for biler, men kan i prinsippet tilpasses motorsykler.

Kurvekjøring: En stor andel av motorsykkelykkene skjer i kurver, blant dødsulykkene i Norge i 2010-2014 var andelen 60%. I 15% av ulykkene er et kurveforløp som var vanskelig å forutse vurdert som en medvirkende faktor i ulykkene. **Kurvevarsling** på motorsykler har som formål å varsle føreren om kurver og når kjøremønsteret (fart, sideplassering) kan gjøre det vanskelig å kjøre gjennom kurven.

6.2 Beskrivelse av tiltaket

Det finnes mange ulike typer førerstøttesystemer for motorsykler som i ulike grader påvirker førerens kjøremåte. En spørreundersøkelse blant motorsyklister i flere europeiske land og Australia (Beanland et al., 2013) viser at de minst inngripende systemer er mest aksepterte (bl.a. ABS-bremser, belysningssystemer, ulykkesvarsling, dekktrykkkontroll), mens systemer som i større grad påvirker eller overstyrer førerens kjøremåte i liten grad får aksept (bl.a. automatisk fartstilpasning, automatisk avstandsregulering, feltskiftevarsler, kurvevarsling og kollisjonsvarsling).

ABS-bremser: Blokkeringsfrie bremser (ABS-bremser) på motorsykler fungerer omtrent på samme måte som på biler. ABS har sensorer for hvert hjul og forhindrer at hjul blokkerer under nedbremsing, noe som gjør det mulig å bremse maksimalt uten at hjulene blokkerer. Det har vært en stor teknisk utvikling av ABS-bremser, bl.a. kan ABS-bremser i dag være kombinert med **kombinerte bremser** (Seininger, 2009). ABS-bremser finnes på markedet siden 1988 (Fowler et al., 2013) og er siden 2016 obligatorisk på alle nye motorsykler over 125 ccm (Rizzi et al., 2015A).

For å forbedre effekten kan enkelte ABS-systemer tilpasse virkningen til den aktuelle kjøresituasjonen. F.eks. kan slike systemer ta hensyn til nedleggsvinkelen og detektere når bakhjulet begynner å miste bakkekontakten. I slike tilfeller reduseres bremseeffekt så mye som det er nødvendig for å opprettholde stabiliteten og for å unngå at motorsykkelen utilsiktet retter seg opp i en kurve eller at bakhjulet sklir ut (Yildirim & Block, 2015). ABS-bremser kan også være kombinert med aktive dempesystemer (Seininger et al., 2012).

Slipper clutch: For å redusere faren for at bakhjulet blokkerer under nedgiring kan slipper-clutch redusere effekten av motorbrems under nedgiring.

Automatisk nødbremse: Dette er et tiltak som er stadig mer vanlig på personbiler. For motorsykler finnes ikke slike tiltak på markedet ennå. Prinsipielt ville automatisk nødbremse på motorsykler ha omtrent samme funksjon som på biler, dvs. varsle føreren og sette i gang en kraftig nedbremsing (eller forsterke bremseeffektene i tilfeller hvor føreren bremses uten å oppnå maksimal bremseeffekt) i situasjoner hvor motorsykkelen er i ferd med å kjøre på et annet kjøretøy (Grant et al., 2008). Systemene som er under utprøving i dag, bremses først når en kollisjon er uunngåelig. Når føreren ikke bremses, settes det i gang en relativt svak nedbremsing, mens det kan settes i gang en kraftigere nedbremsing når føreren bremses (Savino et al., 2014).

Launch control (wheelie control): Dette er systemer som gjør det mulig å starte motorsykkelen med mest mulig akselerasjon og som forhindrer at forhjulet løftes opp (Giani et al., 2013; Yildirim & Block, 2015). Slike systemer finnes kun på et lite antall spesielle motorsykler og er mest beregnet til konkurransekjøring.

Anti-spinn: Slike systemer fungerer omtrent som antispinn på biler. Antispinn kan oppdage når bakhjulet begynner å spinne og redusere motorkraften for å opprettholde veggrepet på bakhjulet. Enkelte slike systemer kan ta hensyn til nedleggsvinkelen. Sammenlignet med antispinn på biler har slike systemer større effekt på motorsykkelenes stabilitet.

Automatisk fartstilpasning: To varianter av ISA for motorsykler er testet av Simpkin et al. (2007): Varslende ISA som viser fartsgrensen på et display og som varsler føreren med et blinklys, en pipetone i hjelmen og vibrasjon i setet når fartsgrensen overskrides, og et «assisterende» system (tilsvarende overstyrbar ISA i personbiler) som har de samme funksjonene som det varslende systemet og som i tillegg øker motstanden på gasshåndtaket. Tvingende ISA som forhindrer at føreren kan overskrive fartsgrensen kan i enkelte situasjoner øke risikoen da gassen brukes til å holde kjøretøyet oppeist.

Kurvevarsling: Kurvevarsling for motorsykler kan varsle føreren på ulike måter (bl.a. ved vibrasjon i håndtak, hanske eller hjelm eller ved å øke motstanden på gasshåndtaket) om kurver og når farten er for høy i forhold til hva systemet har beregnet som optimal fart (Biral et al., 2014; Huth et al., 2012A).

Kryssvarsling: Kryssvarsling for motorsykler kan varsle føreren om kryss og når farten er for høy i forhold til hva systemet har beregnet som optimal fart (Huth et al., 2012B).

Aktive dempesystemer: Stabilitetskontroll som har vist seg å medføre store ulykkesreduksjoner for personbiler (ESC, se kapittel 4.29), lar seg ikke uten videre overføre til motorsykler. Derimot kan aktive dempesystemer tenkes å redusere risikoen for å miste kontroll over motorsykkelen i noen situasjoner (Landerl et al., 2010; Seiniger et al., 2012).

6.3 Virkning på ulykkene

6.3.1 ABS-bremser

ABS-bremser kan redusere ulykkesrisikoen ved at risikoen for blokkerende hjul (med etterfølgende velt) er redusert. I tillegg kan risikoen for at føreren bremses for lite av frykt for blokkerende hjul være redusert (avhengig av førernes kunnskaper og erfaringer). Det har vist seg at førere av motorsykler med ABS-bremser oppnår kortere bremseveg på grunn av tidligere og kraftigere nedbremsing under de fleste forhold, både på strekninger og i kurver og både i situasjoner hvor ABS blir aktivisert og hvor ABS ikke blir aktivisert (Elliott et al., 2003; Gail et al., 2009; Green, 2006; Huang & Preston, 2004; Seininger et al., 2012). Førere av motorsykler med ABS-bremser blir også mindre stresset i situasjoner som krever kraftig nedbremsing, især lite erfarne førere (Gail et al., 2009).

Virkingen av ABS-bremser på motorsykkelykker som er oppsummert i tabell 5, er basert på de følgende studiene:

- NHTSA, 2010 (USA)
- HLDI, 2013 (USA)
- Teoh, 2013 (USA)
- Fildes et al., 2015 (Australia)
- Rizzi et al., 2015A (Italia, Spania, Sverige)
- Rizzi et al., 2015B (Sverige)

Tabell 5: Virkingen av ABS-bremser på motorsykler på antall personskader i motorsykkelykker.

| Ulykkestyper som påvirkes | Skadegrad | Prosent endring av antall ulykker | |
|--|----------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| | | Beste anslag | Usikkerhet i virkning |
| ABS-bremser | | | |
| Alle motorsykkelykker | Drept/alvorlig skadd | -32 | (-39; -25) |
| Alle motorsykkelykker | Skadd | -29 | (-35; -24) |
| Alle motorsykkelykker | Uspesifisert | -18 | (-22; -14) |
| Motorsykkelykker med kollisjon med annet kjøretøy. | Skadd | -31 | (-46; -12) |
| Motorsykkelykker med påkjøring bakfra | Skadd | -37 | (-44; -30) |
| Motorsykkelykker på våt veg | Skadd | -57 | (-80; -8) |
| Motorsykkelykker i tettbygd strøk | Drept/alvorlig skadd | -41 | (-49; -31) |
| Motorsykkelykker i tettbygd strøk | Skadd | -28 | (-36; -20) |
| Motorsykkelykker i spredtbygd strøk | Skadd | -29 | (-36; -21) |
| ABS-bremser og kombinerte bremsesystemer | | | |
| Alle motorsykkelykker | Drept/alvorlig skadd | -70 | (-86; -35) |
| Alle motorsykkelykker | Skadd | -48 | (-51; -45) |
| Alle motorsykkelykker | Uspesifisert | -31 | (-40; -22) |

ABS-bremser: Når man ser på alle ulykker under ett ble det funnet en reduksjon av antall motorsykkelykker med personskade på 29% (tabell 5). Virkingen er litt større for alvorlige personskadeulykker, men uten at forskjellen er statistisk signifikant. For ulykker med uspesifisert skadegrad er virkingen noe mindre. I studiene som har oppgitt sammenlignbare resultater for både personskadeulykker og ulykker med alvorlig skadegrad eller drepte, er imidlertid effektene gjennomgående større for mer alvorlige ulykker.

ABS-bremser og kombinerte bremseser: For kombinasjonen av ABS- og kombinerte bremseser ble det funnet større effekter på det totale antall skadde og på antall drepte eller alvorlig skadde enn for ABS-bremser alene. For ulykker med uspesifisert skadegrad er virkningen ikke forskjellig. Resultatene for ABS med kombinerte bremseser i tabell 5 for skadde og alvorlig skadde er i hovedsak basert på studien til Rizzi et al. (2015B). I denne studien er effektene av på både alle skadde og alvorlig skadde omtrent ti prosentpoeng større for ABS- med kombinerte bremseser enn for ABS-bremser alene. Effektene for ABS-bremser alene er i denne studien større enn de sammenlagte effektene i tabell 5. Effektene for ABS med kombinerte bremseser i tabell 5 kan derfor tenkes å være noe overestimert.

Metodiske aspekter: De fleste studiene har undersøkt virkningen på «målgruppeulykker», dvs. ulykker hvor man antar at de kan være påvirket av ABS-bremser. Ulykker som antas å ikke kunne påvirkes av ABS-bremser er benyttet som kontrollgruppe.

Kontrollgruppeulykker utgjør kun en forholdsvis liten andel av alle ulykkene (7-8% i studien til Fildes et al., 2015 og trolig færre i studien til NHTSA, 2010).

Kontrollgruppeulykker omfatter i studiene til Rizzi et al. (2015A,B) og Fildes et al. (2015) bl.a. møteulykker som ifølge Rizzi et al. (2009) er en av ulykkestypene som er minst sensitiv for ABS-bremser og samtidig ulykkestypen med den største andelen ABS-motorsykler. I studien til NHTSA (2010) er det ulykker hvor motorsykkelen hadde en fart under 16 km/t, kjørte inn eller ut av parkerende posisjon, eller var ikke skyld i ulykken. Resultater fra dybdestudier viser at både møteulykker og ulykker hvor motorsykkelen ikke var utløsende part, potensielt kan være påvirket av ABS-bremser (bl.a. Høye et al., 2016; Gwehenberger et al., 2006). Resultatene må derfor anses som usikre.

For alle ulykker sett under ett foreligger både resultater fra studier som har undersøkt målgruppeulykker og fra studier som har undersøkt virkningen på alle ulykker. Her er det ikke funnet systematiske forskjeller mellom studiene som har undersøkt virkningen på målgruppeulykker og virkningen på alle ulykker og resultatene er derfor slått sammen. Forklaringen kan være at studier av målgruppeulykker har to feilkilder som mer eller mindre oppveier hverandre: For det første vil virkningen på målgruppeulykker per definisjon være større enn virkningen på alle ulykker, noe som fører til at virkningen vil være overestimert, og for det andre kan en del av kontrollgruppeulykkene likevel være påvirket av ABS-bremser, noe som fører til at virkningen på målgruppeulykkene kan være underestimert. Hvorvidt resultatene kan være påvirket av andre metodiske aspekter eller publikasjonsskjevhet er det ikke mulig å undersøke på grunn av det relativt lille antallet studier.

Ulykkestype: Ingen av studiene som er oppsummert i tabell 5 har undersøkt virkningen på eneulykker. Studiene som har oppgitt virkninger spesifikt for flerpartsulykker har funnet omtrent like store virkninger som for det totale antall ulykker. For ulykker med påkjøring bakfra ble det funnet en større effekt enn på andre ulykker, især på ulykker med drepte eller hardt skadde (-58% (-66; -48)). Forklaringen på sistnevnte er ukjent. På våt veg ble det funnet en betydelig større ulykkesreduksjon enn for alle ulykker sett under ett, noe som trolig kan forklares med at det er større fare for både blokkerende hjul og underbremsing på grunn av frykt for blokkerende hjul uten ABS-bremser.

Områdetype: Det ble funnet en større virkning på mer alvorlige ulykker enn på mindre alvorlige ulykker i tettbygd strøk (tabell 5). I spredtbygd strøk er virkningen uavhengig av skadegraden.

Potensielle virkninger: Flere studier har estimert den potensielle eller den maksimalt mulige virkningen av ABS-bremser på antall motorsykkelykker. Resultatene stemmer forholdsvis godt overens med resultatene som er oppsummert i tabell 5. Bl.a. viser studiene at omtrent halvparten av alle alvorlige motorsykkelykkene (og nesten alle hvor et annet kjøretøy ikke overholdt vikeplikten for motorsykkelen) potensielt kan påvirkes av ABS-bremser (Gwehenberger et al., 2006; Roll et al., 2009; Rizzi et al., 2016). Andelen som kunne ha vært unngått, er estimert til mellom 17% og 38% av alvorlige motorsykkelykker (Gwehenberger et al., 2006). Rizzi et al. (2009) anslår at 44% av ulykkene muligens ikke ville ha skjedd og at 14% av ulykkene med stor sannsynlighet kunne ha blitt unngått hvis motorsykkelen hadde hatt ABS-bremser.

6.3.2 Slipper-clutch

Det er ikke funnet empiriske studier som har undersøkt virkningen av slipper-clutch. Systemet virker omtrent på samme måte som ABS-bremser, men den forskjellen at ABS-bremser reduserer låsing av for- eller bakhjul under nedbremsing, mens slipper-clutch reduserer ulykker med låsing av bakhjul under nedgiring. Siden nedbremsing og nedgiring ofte skjer samtidig og siden de fleste motorsykler som er utstyrt med slipper-clutch trolig også har ABS-bremser, er det vanskelig å vurdere effekten av slipper-clutch uavhengig av ABS-bremsene. Systemet kan tenkes å ha en tilleggseffekt til ABS-bremser da sistnevnte ikke griper inn under nedgiring.

6.3.3 Launch control

Det er ikke funnet empiriske studier av launch control. Et slikt system kan forhindre ulykker som skjer som følge av bakhjulskjøring. 2,8% av dødsulykkene med motorsykler i Norge i 2005-2014 skjedde i forbindelse med at motorsykkelen kjørte på bakhjul. På den andre siden gjør systemet det mulig å oppnå maksimal akselerasjon uten at motorsykkelen går opp på bakhjulet. Hvis systemet benyttes for å akselerere maksimalt kan dette tenkes å oppveie, ev. mer enn oppveie, unngatte bakhjulskjørings-ulykker.

6.3.4 Antispinn

Det er ikke funnet empiriske studier som har undersøkt virkningen av antispinn for motorsykler. En tysk studie viser at kun ca. 1% av dødsulykker med motorsykler i kurver skjedde i forbindelse med akselerering. Andelen av alle motorsykkelykker som potensielt kan påvirkes (muligens forhindres) av stabilitetskontrollsystemer er anslått til mellom 4 og 8% (Gail et al., 2009).

6.3.5 Automatisk nødbrems

Simuleringer av dødsulykker med motorsykler i Sverige viser at automatisk nødbrems i kombinasjon med ABS kan ha potensiale for å forhindre ulykker hvor en motorsykkel kjører bakfra på en forankjørende bil eller et objekt på vegen (Savino et al., 2015, 2016). Savino et al. (2013, 2014) har i simulatorforsøk og med hjelp av simuleringer av ulykker fra dybdestudier vist at automatisk nødbrems kunne ha påvirket utfallet i omtrent to tredjedeler av ulykkene hvor en motorsykkel kjører på et forankjørende eller kryssende kjøretøy og at motorsykkelens fart i slike ulykker kan være redusert med opptil 10%. En tysk studie med dybdestudier av motorsykkelykker (Roll et al., 2009) viser at 63% av ulykkene kunne ha vært forhindret hvis motorsyklene hadde hatt både ABS-bremser og automatisk nødbrems, mens andelen som teoretisk kunne ha vært forhindret av ABS alene er omtrent 50%. Følgelig er det omtrent 13% av ulykkene som teoretisk kunne ha vært forhindret av automatisk nødbrems dersom man forutsetter at alle motorsyklene har ABS-bremser. Et generelt problem med automatiske bremsesystemer på motorsykler er imidlertid at motorsykkelenes stabilitet påvirkes under nedbremsing, dvs. at slike systemer kan ha utilsiktede effekter dersom de fører til at motorsykkelen velter.

6.3.6 ISA

Det er ikke funnet studier som har evaluert virkningen av ISA på motorsykler i ekte trafikk. Forsøk på bane viser at overholdelsen av fartsgrensen var forbedret (Simpkin et al., 2007). Maksimal fart var redusert med det assisterende systemet (fra 104 til 91 km/t) men ikke med det varslende systemet, mens gjennomsnittsfarten var uendret med begge systemene (Carsten et al., 2008). Førerne vurderte det assisterende systemet som mer nyttig etter forsøket enn før. De fleste førerne opplevde systemene, især det assisterende systemet, som irriterende. Likevel mente førerne at begge systemene forbedrer sikkerheten og det ble ikke opplevd sikkerhetsproblemer. En svensk studie som er basert på dybdestudier av dødsulykker med motorsykler, anslår potensiale av ISA for å redusere antall drepte på motorsykkel til minst 28% (Rizzi et al., 2011).

Ifølge NMR (2012) kan et system som overstyrer førerens kontroll over gassen være potensielt farlig siden manøvreringsdyktigheten er avhengig av gasskontroll, slik at informative/varslende ISA-systemer kan være mer hensiktsmessige (NMR, 2012).

6.3.7 Kurvevarsling

Det er ikke funnet studier som har evaluert kurvevarsling i ekte trafikk. Simulatorstudier viser at førere foretrekker varsling med vibrasjon i hanske, håndtak eller hjelm framfor økt motstand på gasshåndtaket. Med varsling via gasshåndtaket har det vist seg at kjøringen krever mer oppmerksomhet (Biral et al., 2014; Huth et al., 2012A).

6.3.8 Kryssvarsling

Det er ikke funnet studier som har evaluert kryssvarsling i ekte trafikk. En simulatorstudie viser at et system som varsler føreren når farten inn mot kryss er for høy, reduserer gjennomsnittsfarten i kryss, mens antall konflikter i kryss var uendret (Huth et al., 2012B).

7 Referanser

- Aare, M. & von Holst, H. (2003). Injuries from motorcycle- and moped crashes in Sweden from 1987 to 1999. *Injury Control and Safety Promotion*, 10(3), 131-138.
- Ankarath, S., Giannoudis, P. V., Barlow, I., Bellamy, M. C., Matthews, S. J. & Smith, R. M. (2002). Injury patterns associated with mortality following motorcycle crashes. *Injury*, 33(6), 473-477.
- Backer-Grøndahl, A. (2010). Evaluering av jentenes trafikkaksjon. TØI-Rapport 1076/2010. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Baldock, M., Kloeden, C., Lydon, M., Raftery, S., Grigo, J. & Ponte, G. (2012). The use of protective clothing by motorcyclists in Victoria: Evaluation of the Community Policing and Education Project. Australasian College of Road Safety National Conference - A Safe System: Expanding the reach.
- Baldock, M., Grigo, J. & Raftery, S. (2011). Protective clothing and motorcyclists in South Australia. CASR Report CASR088. University of Adelaide, Australia.
- Balthrop, P. M., Nyland, J. A., Roberts, C. S., Wallace, J., Van Zyl, R. & Barber, G. (2007). Orthopedic Trauma From Recreational All-Terrain Vehicle Use in Central Kentucky: A 6-Year Review. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 62(5), 1163-1170.
- Bambach, M. R., Grzebieta, R. H. & McIntosh, A. S. (2013). The Crash Mechanics of Fatal Motorcycle-Barrier Collisions in Australasia. *Journal of Transportation Safety & Security*, 5(1), 66-77.
- Bambach, M., Grzebieta, R., Tebecis, R. & Friswell, R. (2012). Crash characteristics and causal factors of motorcycle fatalities in Australia. Paper presented at the Australasian Road Safety Research, Policing and Education Conference, Wellington, New Zealand.
- Baum, H. & Westerkamp, U. (2008). Nutzen-Kosten-Analyse für ABS bei Motorrädern. BASt-Bericht F 68. Bundesanstalt fuer Strassenwesen.
- Beanland, V., Lenné, M. G., Fuessl, E., Oberlader, M., Joshi, S., Bellet, T., . . . Underwood, G. (2013). Acceptability of rider assistive systems for powered two-wheelers. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 19, 63-76.
- Bijleveld, F. D. (1997). Effectiveness of daytime motorcycle headlights in the European Union. Report R-97-9. Leidschendam, SWOV Institute for Road Safety Research.
- Binder, S., Perel, M., Pierowicz, J., Gawron, V. & Wilson, G. (2005). Motorcycle conspicuity and the effects of motor vehicle fleet Daytime Running Lights (DRLs). In: *Proceedings of the 6th International Symposium on Automotive Lighting (ISAL)*, Darmstadt, Germany.
- Biral, F., Bosetti, P. & Lot, R. (2014). Experimental evaluation of a system for assisting motorcyclists to safely ride road bends. *European Transport Research Review*, 6, 411-423.
- Bjørnskau, T. (2016). Risiko i vegtrafikken 2013-2014. TØI-Rapport 1448/2016. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Bjørnskau, T., Nævestad, T.-O. & Akhtar, J. (2010). Trafikksikkerhet blant mc-førere. TØI-Rapport 1075/2010. Oslo: Transportøkonomisk institutt.

- Bowman, S. M., Aitken, M. E., Helmkamp, J. C., Maham, S. A. & Graham, C. J. (2009). Impact of helmets on injuries to riders of all-terrain vehicles. *Injury Prevention*, 15(1), 3-7.
- Brandenburg, M. A., Brown, S. J., Archer, P. & Brandt, E. N. J. (2007). All-Terrain Vehicle Crash Factors and Associated Injuries in Patients Presenting to a Regional Trauma Center. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 63(5), 994-999.
- Brenac, T., Clabaux, N., Perrin, C. & Van Elslande, P. (2006). Motorcyclist conspicuity related accidents in urban areas: A speed problem? *Advances in Transportation Studies*, 8(A), 23-29.
- Brewer, B. L., Diehl, A. H. I., Johnson, L. S., Salomone, J. P., Wilson, K. L., Atallah, H. Y. et al. (2013). Choice of motorcycle helmet makes a difference: A prospective observational study. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 75(1), 88-91.
- Brooks, A., Chiang, D., Smith, T., Zellner, J., Peters, J. & Compagne, J. (2005). A driving simulator methodology for evaluating enhanced motorcycle conspicuity. In: 19th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, National Highway Traffic Safety Administration.
- Broughton, J. (1987). The effect on motorcycling of the 1981 Transport Act. TRRL Research Report 106. Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire.
- Brown, J., Fitzharris, M., Baldock, M., Albanese, B., Meredith, L., Whyte, T. & Oomens, M. (2015). Motorcycle In-depth Crash Study. Austroads Ltd., Sydney, Australia.
- Brown, C. V. R., Hejl, K., Bui, E., Tips, G. & Coopwood, B. (2011). Risk Factors for Riding and Crashing a Motorcycle Unhelmeted. *The Journal of Emergency Medicine*, 41(4), 441-446.
- Butts, C. C., Rostas, J. W., Lee, Y. L., Gonzalez, R. P., Brevard, S. B., Frotan, M. A., . . . Simmons, J. D. (2015). Larger ATV engine size correlates with an increased rate of traumatic brain injury. *Injury*, 46(4), 625-628.
- Carnevale Lon, S. C. (2014). A new helmet testing method to assess potential damages in the Brain and the head due to rotational energy. Master of Science Thesis in Medical Engineering, KTH Technology and Health.
- Carr, A. M., Bailes, J. E., Helmkamp, J. C., Rosen, C. L. & Miele, V. J. (2004). Neurological Injury and Death in All-terrain Vehicle Crashes in West Virginia: A 10-year Retrospective Review. *Neurosurgery*, 54(4), 861-867.
- Carsten, O., Fowkes, M., Lai, F., Chorlton, K., Jamson, S., Tate, F. & Simpkin, B. (2008). ISA UK Intelligent Speed Adaptation - Final report. Report, University of Leeds, MIRA.
- Castro, C., Martínez, C., Tornay, F. J., Fernández, P. G. & Martos, F. J. (2005). Vehicle distance estimations in nighttime driving: a real-setting study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 8(1), 31-45.
- Cavallo, V., Ranchet, M., Pinto, M., Espié, S., Vienne, F. & Dang, N.-T. (2015). Improving car drivers' perception of motorcycle motion through innovative headlight configurations. *Accident Analysis & Prevention*, 81, 187-193.
- Cavallo, V. & Pinto, M. (2012). Are car daytime running lights detrimental to motorcycle conspicuity? *Accident Analysis & Prevention*, 49, 78-85.
- Chapman, A. J., Titus, R., Ferenchick, H., Davis, A. & Rodriguez, C. (2014). Repeal of the Michigan helmet law: early clinical impacts. *The American Journal of Surgery*, 207(3), 352-356.
- Cini, M. A., Prado, B. G., Hinnig, P. d. F., Fukushima, W. Y. & Adami, F. (2014). Influence of type of helmet on facial trauma in motorcycle accidents. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 52(9), 789-792.

- Clabaux, N., Brenac, T., Perrin, C., Magnin, J., Canu, B. & Van Elslande, P. (2012). Motorcyclists' speed and "looked-but-failed-to-see" accidents. *Accident Analysis & Prevention*, 49, 73-77.
- Clarke, D. D., Ward, P., Bartle, C. & Truman, W. (2007). The role of motorcyclist and other driver behaviour in two types of serious accident in the UK. *Accident Analysis & Prevention*, 39(5), 974-981.
- Clarke, D. D., Ward, P., Bartle, C. & Truman, W. (2004). In-depth Study of Motorcycle Accidents. Road Safety Research Report No. 54. Department for Transport: London.
- Croce, M., Zarzaur, B., Magnotti, L. & Fabian, T. (2009). Impact of motorcycle helmets and state laws on society's burden: a national study. *Annals of surgery*, 250(3), 390-394.
- Crompton, J. G., Bone, C., Oyetunji, T., Pollack, K. M., Bolorunduro, O., Villegas, C., . . . Haider, A. H. (2011). Motorcycle Helmets Associated with Lower Risk of Cervical Spine Injury: Debunking the Myth. *Journal of the American College of Surgeons*, 212(3), 295-300.
- Crompton, J. G., Oyetunji, T., Stevens, K. A., Efron, D. T., Haut, E. R. & Haider, A. H. (2010). Motorcycle Helmets Save Lives, But Not Limbs: A National Trauma Data Bank Analysis of Functional Outcomes After Motorcycle Crash¹. *Journal of Surgical Research*, 158(1), 1-5.
- Dahlstedt, S. (1986). A comparison of some daylight motorcycle visibility treatments. VTI-report 302A. Swedish Road and Traffic Research Institute, Linköping.
- Dao, H., Lee, J., Kermani, R., Minshall, C., Eriksson, E. A., Gross, R. & Doben, A. R. (2012). Cervical spine injuries and helmet laws: a population-based study. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 72(3), 638-632.
- de Craen, S., Doumen, M., Bos, N. & van Norden, Y. (2011). The role of motorcyclists and cars drivers in conspicuity-related motorcycle crashes. Report R-2011-25. Leidschendam, SWOV.
- de Lapparent, M. (2006). Empirical bayesian analysis of accident severity for motorcyclists in large french urban areas. *Accident Analysis & Prevention*, 38(2), 260-268.
- de Rome, L., Ivers, R., Fitzharris, M., Haworth, N., Heritier, S. & Richardson, D. (2012). Effectiveness of motorcycle protective clothing: riders' health outcomes in the six months following a crash. *Injury*, 43(12), 2035-2045.
- de Rome, L., Ivers, R., Fitzharris, M., Du, W., Haworth, N., Heritier, S. & Richardson, D. (2011A). Motorcycle protective clothing: Protection from injury or just the weather? *Accident Analysis & Prevention*, 43(6), 1893-1900.
- de Rome, L., Ivers, R., Haworth, N., Heritier, S., Du, W. & Fitzharris, M. (2011B). Novice riders and the predictors of riding without motorcycle protective clothing. *Accident Analysis & Prevention*, 43(3), 1095-1103.
- de Rome, L. & Senserrick, T. (2011). Factors Associated with Motorcycle Crashes in New South Wales, Australia, 2004 to 2008. *Transportation Research Record*, 2265, 54-61.
- de Rome, L. & Senserrick, T. (2009). Factors associated with motorcycle crashes in New South Wales, Australia, 2004 to 2008. *Transportation Research Record*, 2265, 51-61.
- de Rome, L., Stanford, G. & Wood, B. (2002). MCC Survey of Motorcyclists, 2001. Report. Motorcycle Council of NSW.
- Denning, G. M. & Jennissen, C. A. (2015). All-terrain vehicle fatalities on paved roads, unpaved roads, and off-road: Evidence for informed roadway safety warnings and legislation. *Traffic Injury Prevention*, 1-7.

- Denning, G. M., Harland, K. K., Ellis, D. G. & Jennissen, C. A. (2013). More fatal all-terrain vehicle crashes occur on the roadway than off: increased risk-taking characterises roadway fatalities. *Injury Prevention*, 19(4), 250-256.
- Denning, G. M., Harland, K. K., Ellis, D. G. & Jennissen, C. A. (2013B). More fatal all-terrain vehicle crashes occur on the roadway than off: increased risk-taking characterises roadway fatalities. *Injury Prevention*, 19(4), 250-256.
- Denning, G., Jennissen, C., Harland, K., Ellis, D. & Buresh, C. (2013A). All-Terrain Vehicles (ATVs) on the Road: A Serious Traffic Safety and Public Health Concern. *Traffic Injury Prevention*, 14(1), 78-85.
- Deutermann, W. (2004). Motorcycle Helmet Effectiveness Revisited. US Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, DOT HS 809 715.
- Di Tanna, O. & Pieve, M. (2007). D2.2 Technology evaluation and effectiveness. Safety In Motion technical targets.
- Dickert-Conlin, S., Elder, T. & Moore, B. (2011). Donorcycles: Motorcycle Helmet Laws and the Supply of Organ Donors. *The Journal of Law & Economics*, 54(4), 907-935.
- Downing, C. S. & J. Spendlove. (1981). Effectiveness of a campaign to reduce accidents involving children crossing roads near parked cars. TRRL Laboratory Report 986. Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire.
- Elliott, M. A., Baughan, C. J., Broughton, J., Chinn, B., Grayson, G. B., Knowles, J., et al. (2003). Motorcycle safety: a scoping study. Road Safety Division, Department for Transport. Berkshire: Transport Research Laboratory.
- Elliott, M. A., Baughan, C. J., Broughton, J., Chinn, B., Grayson, G. B., Knowles, J. & Simpson, H. (2003). Motorcycle safety. A scoping study. TRL Report TRL581.
- Elvik, R., Høye, A., Vaa, T. & Sørensen, M. (2009). The handbook of road safety measures. Bingley, UK: Emerald.
- Erdogan, M. O., Sogut, O., Colak, S., Ayhan, H., Afacan, M. A. & Satilmis, D. (2013). Roles of motorcycle type and protective clothing in motorcycle crash injuries. *Emergency medicine international*, 2013.
- Erhardt, T., Rice, T., Troszak, L. & Zhu, M. (2016). Motorcycle helmet type and the risk of head injury and neck injury during motorcycle collisions in California. *Accident Analysis & Prevention*, 86, 23-28.
- ETSC (2003). Cost effective EU transport safety measures. Draft report. Brussels, European Transport Safety Council.
- Eustace, D., Indupuru, V. K. & Hovey, P. (2010). Identification of risk factors associated with motorcycle-related fatalities in Ohio. *Journal of Transportation Engineering*, 137(7), 474-480.
- Fernandes, F. A. O. & Alves de Sousa, R. J. (2013). Motorcycle helmets—A state of the art review. *Accident Analysis & Prevention*, 56, 1-21.
- Fernandes, F. A., Willinger, R. & Deck, C. (2013). Finite element analysis of helmeted impacts and head injury evaluation with a commercial road helmet. Paper presented at the IRCOBI Conference.
- Fildes, B., Newstead, P., Rizzi, M., Budd, L. & Fitzharris, M. (2015). Evaluation of the effectiveness of anti-lock braking systems on motorcycle safety in Australia. Report No. 327. Monash University Accident Research Centre.
- Forman, J. L., Lopez-Valdes, F. J., Pollack, K., Heredero-Ordoyo, R., Molinero, A., Mansilla, A., . . . Segui-Gomez, M. (2012). Injuries among powered two-wheeler users in eight European countries: A descriptive analysis of hospital discharge data. *Accident Analysis & Prevention*, 49, 229-236.

- Fortenberry, J. C. & D. B. Brown. (1982). Problem identification, implementation and evaluation of a pedestrian safety program. *Accident Analysis and Prevention*, 14, 315-322.
- Fosser, S. & Christensen, P. (1992). Mopedtrimming og trafikksikkerhet. TØI-rapport 131. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Fosser, S. (1995). Bilbelte- og hjelmbruk fra 1973 til 1993. TØI-notat 996. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Fredriksson, R. & Sui, B. (2015). Fatal Powered Two-Wheeler (PTW) Crashes in Germany—An In-depth Study of the Events, Injuries and Injury Sources. Paper presented at the IRCOBI Conference Proceedings.
- Gail, J., Funke, J., Seiniger, P., & Westerkamp, U. (2009). Anti-lock braking systems and vehicle stability control for motorcycles - why or why not? Paper Number 09-0072. <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv21/09-0072.pdf>.
- Geedipally, S., Turner, P. & Patil, S. (2011). Analysis of Motorcycle Crashes in Texas with Multinomial Logit Model. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2265, 62-69.
- Geisinger, A., Kreitmeier, H., Leatt, C., Diehl-Thiele, T., Bachmann, J. & Muller, P. (2007). Innovations at BMW Motorrad in the development of equipment for motorcycle riders to reduce the risk of injuries based on the example of the neck brace system. *Development trends of motorcycles: With*, 10, 199.
- Gershon, P. & Shinar, D. (2013). Increasing motorcycles attention and search conspicuity by using Alternating-Blinking Lights System (ABLS). *Accident Analysis & Prevention*, 50, 801-810.
- Gershon, P., Ben-Asher, N. & Shinar, D. (2012). Attention and search conspicuity of motorcycles as a function of their visual context. *Accident Analysis & Prevention*, 44(1), 97-103.
- Giani, P., Tanelli, M., Savaresi, S. M., & Santucci, M. (2013). Launch control for sport motorcycles: A clutch-based approach. *Control Engineering Practice*, 21(12), 1756-1766.
- Giustini, M., Cedri, S., Tallon, M., Roazzi, P., Formisano, R. & Pitidis, A. (2014). Use of back protector device on motorcycles and mopeds in Italy. *International Journal of Epidemiology*, 43(6), 1921-1928.
- Godding, J. D. (2014). Why the Need for Speed? All-Terrain Vehicles, Speed and Brain Injuries. Paper presented at the 2014 AAP National Conference and Exhibition.
- Goldstein, J.P. (1986). The effect of motorcycle helmet use on the probability of fatality and the severity of head and neck injuries a latent variable framework. *Eval. Rev.* 10 (3), 355–375.
- Gould, M., Poulter, D. R., Helman, S. & Wann, J. P. (2012). Errors in judging the approach rate of motorcycles in nighttime conditions and the effect of an improved lighting configuration. *Accident Analysis & Prevention*, 45, 432-437.
- Gould, M., Poulter, D. R., Helman, S. & Wann, J. P. (2012). Judgments of approach speed for motorcycles across different lighting levels and the effect of an improved tri-headlight configuration. *Accident Analysis & Prevention*, 48, 341-345.
- Green, D. (2006). A Comparison of Stopping Distance Performance for Motorcycles Equipped with ABS, CBS and Conventional Hydraulic Brake Systems, *International Motorcycle Safety Conference*. Long Beach, California, March 28 - March 30, 2006.
- Gupta, A., Jaipuria, J., Bagdia, A., Kumar, S., Sagar, S. & Misra, M. C. (2014). Motorised two-wheeler crash and helmets: injury patterns, severity, mortality and the consequence of gender bias. *World journal of surgery*, 38(1), 215-221.

- Gustafsson, T. & Eriksson, A. (2013). Off-road vehicle fatalities: A comparison of all-terrain vehicle and snowmobile accidents in Sweden. *IATSS Research*, 37(1), 12-15.
- Gwehenberger, J., Schwaben, I., Sporner, A. & Kubitzki, J. (2006). *Schwerstunfälle mit Motorrädern - Analyse der Unfallstruktur und der Wirksamkeit von ABS*. VKU Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, Issue 1. Springer Automotive Media / GWV Fachverlage GmbH.
- Hall, A. J., Bixler, D., Helmkamp, J. C., Kraner, J. C. & Kaplan, J. A. (Writers). (2009). *Fatal All-Terrain Vehicle Crashes: Injury Types and Alcohol Use*.
- Haque, M. M., Chin, H. C. & Debnath, A. K. (2012). An investigation on multi-vehicle motorcycle crashes using log-linear models. *Safety Science*, 50(2), 352-362.
- Haque, M. M., Chin, H. C. & Huang, H. (2009). Modeling fault among motorcyclists involved in crashes. *Accident Analysis and Prevention*, 41, 327-335.
- Harrison, W. A. & Christie, R. (2005). Exposure survey of motorcyclists in new south wales. *Accident Analysis & Prevention*, 37(3), 441-451.
- Hartunian, N.S., Smart, C.N., Willemain, T.R. & Zador, P.L. (1983). The Economics of Safety deregulation: Lives and Dollars Lost due to Repeal of Motorcycle Helmet Laws. *Journal of Health Politics, Policy and Law*. 8, 76-98.
- Haworth, N. & Blackman, R. (2013). Motorcycle Engine Capacity May Not Underlie Increased Risks. *American Journal of Public Health*, 103(7), e1-e2.
- Haworth, N. & Schulze, M. (1996). *Motorcycle crash countermeasures: Literature review and implementation workshop*. MUARC Report No. 87. Monash University Accident Research Centre. Kew Victoria, Australia.
- Haworth, N., Smith, R., Brumen, I. & Pronk, N. (1997). Case-control study of motorcycle crashes. Report CR 174 770X. Clayton, Victoria: MUARC.
- Helman, S., Weare, A., Palmer, M. & Fernandez-Medina, K. (2012). Literature review of interventions to improve the conspicuity of motorcyclists and help avoid “looked but failed to see” accidents. Published Project Report (PPR638). Crowthorne: Transport Research Laboratory.
- Highway Loss Data Institute. (2009). *Motorcycle antilock braking system (ABS)*. Insurance Special Report A-81. Highway Loss Data Institute
- Highway Loss Data Institute. (2013). Evaluation of motorcycle antilock braking systems, alone and in conjunction with combined control braking systems. *Highway loss data institute: Bulletin*, 30(10), 1-11.
- Hinds, J. D., Allen, G. & Morris, C. G. (2007). Trauma and motorcyclists; born to be wild, bound to be injured? *Injury*, 38(10), 1131-1138.
- Hitosugi, M., Shigeta, A., Takatsu, A., Yokoyama, T. & Tokudome, S. (2004). Analysis of fatal injuries to motorcyclists by helmet type. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 25, 125-128.
- Hole, G., Tyrrell, L. & M. Langham (1996). Some factors affecting motorcyclists' conspicuity. *Ergonomics*, Vol. 39(7), 1996, pp. 946-965.
- Hooten, K. G. & Murad, G. J. (2012). Helmeted vs Nonhelmeted: A Retrospective Review of Outcomes From 2-Wheeled Vehicle Accidents at a Level 1 Trauma Center. *Clinical Neurosurgery*, 59, 126-130.
- Horswill, M. S. & Helman, S. (2003). A behavioral comparison between motorcyclists and a matched group of non-motorcycling car drivers: Factors influencing accident risk. *Accident Analysis & Prevention*, 35(4), 589-597.
- Horswill, M. S. & Plooy, A. M. (2008). Reducing contrast makes speeds in a video-based driving simulator harder to discriminate as well as making them appear slower. *Perception*, 37, 1269-1275.

- Horswill, M. S., Helman, S., Ardiles, P. & Wann, J. P. (2005). Motorcycle accident risk could be inflated by a time to arrival illusion. *Optometry and Vision Science*, 82(8), 740-746.
- Houston, D. J. (2010). The Case for Universal Motorcycle Helmet Laws. *Southern Medical Journal*, 103, 1-2.
- Høyе, A., Vaa, T. & Hesjevoll, I.S. (2016). Temaanalyse av dødsulykker med motorsykkel 2005-2014. TØI-Rapport. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Huang, B. & Preston, J. (2004). A literature review on motorcycle collisions. Final Report. Oxford: University of Oxford, Transport Studies Unit.
- Huang, W.-S. & Lai, C.-H. (2011). Survival risk factors for fatal injured car and motorcycle drivers in single alcohol-related and alcohol-unrelated vehicle crashes. *Journal of Safety Research*, 42(2), 93-99.
- Hurt, H. H., Ouellet, J. V. & Thom, D. R. (1981). Motorcycle Accident Cause Factors and Identification of Countermeasures. Final Report, Volume 1, Technical Report. Report DOT-HS-805 862. US Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, Washington DC,
- Hurt, H.H. & Wagar, I.J. (1981). Effectiveness of motorcycle safety helmets and protective clothing. In: 25th Annual Proceedings of Association for the Advancement of Automotive Medicine, San Francisco, CA.
- Huth, V., Biral, F., Martín, Ó. & Lot, R. (2012A). Comparison of two warning concepts of an intelligent Curve Warning system for motorcyclists in a simulator study. *Accident Analysis & Prevention*, 44(1), 118-125.
- Huth, V., Lot, R., Biral, F. & Rota, S. (2012B). Intelligent intersection support for powered two-wheeled riders: a human factors perspective. *Intelligent Transport Systems, IET*, 6(2), 107-114.
- Ingebrigtsen, S. (1990). Risikofaktorer ved ferdsel med moped og motorsykkel. TØI-rapport 66. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Jama, H. H., Grzebieta, R. H., Friswell, R. & McIntosh, A. S. (2011). Characteristics of fatal motorcycle crashes into roadside safety barriers in Australia and New Zealand. *Accident Analysis & Prevention*, 43(3), 652-660.
- Janoff, M.S., Cassel, A., Fertner, K.S. & Smierciak, E.S. (1970). Daytime Motorcycle Headlight and Taillight Operation. Report DOT HS-800 321. US Department of Transportation, National Highway Safety Bureau, Washington DC.
- Jenness, J. W., Huey, R. W., McCloskey, S. & Walrath, J. (2011). Effect of Daytime Running Lights on Left Turning Drivers' Gap Acceptance. Report DOT HS 811 506. Westat, Rockville, MD.
- Jenness, J., Huey, R., McCloskey, S., Singer, J., Walrath, J., Lubar, E. & Lerner, N. (2011). Perception of approaching motorcycles by distracted drivers may depend on auxiliary lighting treatments: a field experiment. Proceedings of the 6th international driving symposium on human factors in driver assessment, training and vehicle design.
- Jenness, J., Jenkins, F. & Zador, P. (2011). Motorcycle conspicuity and the effect of fleet DRL: Analysis of two-vehicle fatal crashes in Canada and the United States 2001-2007. Report DOT HS 811 505. National Highway Traffic Safety Administration.
- Jennissen, C. A., Harland, K. K., Wetjen, K. M. & Denning, G. M. (2016). The Effect of Passengers on All-Terrain Vehicle Crash Mechanisms and Injuries. *Safety*, 2(1), 1-12.
- Jennissen, C. A., Harland, K. K., Wetjen, K. M. & Denning, G. M. (2016). The Effect of Passengers on All-Terrain Vehicle Crash Mechanisms and Injuries. *Safety*, 2(1), 1-12.

- Jevtić, V., Vujanić, M., Lipovac, K., Jovanović, D. & Pešić, D. (2015). The relationship between the travelling speed and motorcycle styles in urban settings: A case study in Belgrade. *Accident Analysis & Prevention*, 75, 77-85.
- Jou, R.-C., Yeh, T.-H. & Chen, R.-S. (2012). Risk factors in motorcyclist fatalities in Taiwan. *Traffic Injury Prevention*, 13(2), 155-162.
- Kanitpong, K., Boontob, N. & Tanaboriboon, Y. (2008). Helmet use and effectiveness in reducing the severity of head injuries in Thailand. *Transportation Research Record* (2048), 66-76.
- Keall, M. D. & Newstead, S. (2012). Analysis of factors that increase motorcycle rider risk compared to car driver risk. *Accident Analysis & Prevention*, 49(0), 23-29.
- Khan, M., Abdel-Rahim, A. & Williams, C. J. (2015). Potential crash reduction benefits of shoulder rumble strips in two-lane rural highways. *Accident Analysis & Prevention*, 75, 35-42.
- Kim, C.-Y., Wiznia, D. H., Averbukh, L., Dai, F. & Leslie, M. P. (2015). The Economic Impact of Helmet Use on Motorcycle Accidents: A Systematic Review and Meta-analysis of the Literature from the Past 20 Years. *Traffic Injury Prevention*, 16(7), 732-738.
- King, A., Yang, K., Zhang, L., Hardy, W. & Viano, D. (2003). Is head injury caused by linear or angular acceleration. *proceedings of IRCOBI Conference, Lisbon*, 1-10.
- Klikk (2010). Det store ABS-året 2009. <http://www.klikk.no/motor/mc/article422325.ece>; 28. okt. 2010.
- König, J. & Berg, F. A. (2006). Powered Two-Wheeler Accidents – First Results of APROSYS SP 4 Implying GIDAS 2002 Data. 2nd International Conference on ESAR (Expert Symposium on Accident Research).
- Lalani, N. & E. J. Holden (1978). The Greater London «Ride Bright» campaign - its effect on motorcyclist conspicuity and casualties. *Traffic Engineering and Control*, 19, 404-407.
- Lam, C., Lin, M., Chu, S., Tsai, S., Bai, C. & Chiu, W. (2015). The effect of various types of motorcycle helmets on cervical spine injury in head injury patients: a multicenter study in Taiwan. *BioMed Research International*, 2015, 1-7.
- Landerl, C., Deissinger, F., Wagner, H. & Jahreiss, H. (2010). Erweiterte Fahrerassistenz durch die Verknüpfung der Motor- und Fahrwerkssysteme der BMW S 1000 RR. *Forschungshefte Zweiradsicherheit*, 14, 326-377.
- Langley, J., Mullin, B., Jackson, R. & Norton, R. (2000). Motorcycle engine size and risk of moderate to fatal injury from a motorcycle crash. *Accident Analysis & Prevention*, 32(5), 659-663.
- Lardelli-Claret, P., Jiménez-Moleón, J. J., Luna-del-Castillo, J. d. D. & Bueno-Cavanillas, A. (2006). Individual factors affecting the risk of death for rear-seated passengers in road crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 38(3), 563-566.
- Lee, C., Shin, H. C., Kang, S. & Lee, J.-B. (2015). Measurement of desirable minimum one-way bike lane width. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 1-9.
- Lich, T., Block, W. G., Prashanth, S. & Heiler, B. (2015). Motorcycle Stability Control-The Next Generation of Motorcycle Safety and Riding Dynamics. *SAE International Journal of Engines*, 9 (2015-32-0834).
- Lin, M.-R., Chang, S.-H., Pai, L. & Keyl, P. M. (2003). A longitudinal study of risk factors for motorcycle crashes among junior college students in Taiwan. *Accident Analysis & Prevention*, 35(2), 243-252.
- Liu, B., Ivers, R., Norton, R., Boufous, S., Blows, S. & Lo, S. (2008). Helmets for preventing injury in motorcycle riders: *Cochrane Database Syst Rev*.

- Liu, H.-T., Liang, C.-C., Rau, C.-S., Hsu, S.-Y. & Hsieh, C.-H. (2015). Alcohol-related hospitalizations of adult motorcycle riders. *World journal of emergency surgery*, 10(1), 1-8.
- Löffelholz, H. & F. Nicklisch. (1977). Stellungnahme zu einer Änderung der Nationalen Vorschriften für Kleinkrafträder und Fahrräder mit Hilfsmotor. In: Unfall- und Sicherheitsforschung Strassenverkehr, Heft 9, 101-143, 1977. Bundesanstalt für Strassenwesen (BASt), Bergisch Gladbach.
- Lower, T. & Temperley, J. (2016). Preventing death and serious injury caused by quad rollovers on Australian farms-Policy Paper. Australian Centre for agricultural health and safety.
- Lower, T. & Trotter, M. (2014). Adoption of Quad Bike Crush Prevention Devices on Australian Dairy Farms. *Journal of Agromedicine*, 19(1), 15-26.
- MacLeod, J. B., DiGiacomo, J. C. & Tinkoff, G. (2010). An evidence-based review: helmet efficacy to reduce head injury and mortality in motorcycle crashes: EAST practice management guidelines. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 69(5), 1101-1111.
- MAIDS. (2009). In-depth investigations of accidents involving powered two wheelers. Final report 2.0. Brussels: ACEM.
- Mangus, R. S., Simons, C. J., Jacobson, L. E., Streib, E. W. & Gomez, G. A. (2004). Current helmet and protective equipment usage among previously injured ATV and motorcycle riders. *Injury Prevention*, 10, 56-58.
- Mattson, M. & Summala, H. (2010). With power comes responsibility: Motorcycle engine power and power-to-weight ratio in relation to accident risk. *Traffic Injury Prevention*, 11(1), 87-95.
- Mayhew, D. R. & Simpson, H. M. (1989). Motorcycle engine size and traffic safety. Traffic Injury Research Foundation of Canada, Ottawa, Ontario.
- McBride, A. S., Cline, D. M., Neiberg, R. H. & Westmoreland, K. D. (2011). Pediatric All-Terrain Vehicle Injuries: Does Legislation Make a Dent? *Pediatric Emergency Care*, 27(2), 97-101.
- McCarthy, M., Walter, L., Hutchins, R., Tong, R. & Keigan, M. (2007). Comparative analysis of motorcycle accident data from osts and maids. TRL Report PPR 168.
- McCartt, A. T., Blonar, L., Teoh, E. R. & Strouse, L. M. (2011). Overview of motorcycling in the united states: A national telephone survey. *Journal of Safety Research*, 42(3), 177-184.
- McIntosh, A. S. & Lai, A. (2013). Motorcycle Helmets: Head and Neck Dynamics in Helmeted and Unhelmeted Oblique Impacts. *Traffic Injury Prevention*, 14(8), 835-844.
- McIntosh, A. S., Patton, D. A., Rechnitzer, G. & Grzebieta, R. (2016). Injury mechanisms in fatal Australian quad bike incidents. *Traffic Injury Prevention*, 17(4), 386-390.
- McIntosh, A. S., Patton, D. A., Rechnitzer, G. & Grzebieta, R. OK McIntosh, A. S., Curtis, K., Rankin, T., Cox, M., Pang, T., McCrory, P. & Finch, C. (2013). Associations between helmet use and brain injuries amongst injured pedal-and motor-cyclists: A case series analysis of trauma centre presentations. *Journal of the Australasian College of Road Safety*, 24(2), 11-20.
- McIntyre, A., Nieuwesteeg, M. & Cockfield, S. (2011). Motorcyclist Injuries and Protective Clothing. Australasian Road Safety Research, Policing and Education Conference. Perth, Australia.
- Meredith, L., Baldock, M., Fitzharris, M., Duflou, J., Dal Nevo, R., Griffiths, M. & Brown, J. (2016). Motorcycle fuel tanks and pelvic fractures: A motorcycle fuel tank syndrome. *Traffic Injury Prevention*.

- Meredith, L., Clarke, E., Fitzharris, M., Baldock, M., de Rome, L. & Brown, J. (2015). Abrasion resistance of motorcycle protective clothing worn by Australian motorcyclists.
- Merrigan, T. L., Wall, P. L., Smith, H. L., Janus, T. J. & Sidwell, R. A. (2011). The Burden of Unhelmeted and Uninsured ATV Drivers and Passengers. *Traffic Injury Prevention*, 12(3), 251-255.
- Miller, M., Davidov, D., Tillotson, R., Whiteman, C., Marshall, T. & Lander, O. (2012). Injury prevention and recreational all-terrain vehicle use: the impact of helmet use in West Virginia. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 18(4), 322-323.
- Mills, N. J., Wilkes, S., Derler, S. & Flisch, A. (2009). FEA of oblique impact tests on a motorcycle helmet. *International Journal of Impact Engineering*, 36(7), 913-925.
- MMWR. (2012). Helmet use among motorcyclists who died in crashes and economic cost savings associated with state motorcycle helmet laws--United States, 2008-2010. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 61, 425-430.
- Moskal, A., Martin, J.-L. & Laumon, B. (2008). Helmet use and the risk of neck or cervical spine injury among users of motorized two-wheel vehicles. *Injury Prevention*, 14(4), 238-244.
- Moskal, A., Martin, J.-L. & Laumon, B. (2012). Risk factors for injury accidents among moped and motorcycle riders. *Accident Analysis & Prevention*, 49, 5-11.
- Motoki, M., Hashimoto, H., Noguchi, M., Hirao, T., Takahashi, S. & Ishiwatari, M. (2006). Study on improving two-wheeled vehicle conspicuity. *JARI Research Journal*, 28(10), 565.
- Muller, A. (1980). Evaluation of the costs and benefits of motorcycle helmet laws. *American Journal of Public Health*, 70, 586-592.
- Muller, A. (1982). An Evaluation of the Effectiveness of Motorcycle Daytime Headlight Laws. *American Journal of Public Health*, 72, 1136-1141.
- Muller, A. (1985). Motorcycle Headlight-Use Laws: A Contrasting View. *American Journal of Public Health*, 75, 547-549.
- Muskaug, R., Daas, H. R., Domburg, J. et al. (1979). Hvordan endringene i trafikkreglene 1978 virket på trafikantenes kunnskap og atferd. 2. opptrykk. Rapport. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Myers, M. L. (2016). All-Terrain Vehicle Safety—Potential Effectiveness of the Quadbar as a Crush Prevention Device. *Safety*, 2(1), 3.
- Nawrocki, A., Demus, J., Maklewska, E. & Mielicka, E. (2004). Clothing Protecting Brachial Plexus of Motorcycle Rider during Collision. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 12, 53-57.
- NHTSA (2009). Traffic Safety Facts – Motorcycles. DOT HS 811 159. <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/Pubs/811159.pdf>
- NMR (2012). Trafikksikkerhet for motorsyklister - nordisk policydokument. Nordisk Motorsykkel Råd.
- Nordqvist, M. & Gregersen, N. P. (2010). Study on motorcyclist's behavior and attitude towards road safety. Sveriges MotorCyklister, SMC; Nationalföreningen för Trafiksäkerhetens Främjande, NTF.
- Nordqvist, M. & Gregersen, N. P. (2010). Study on motorcyclist's behavior and attitude towards road safety. Sveriges MotorCyklister, SMC; Nationalföreningen för Trafiksäkerhetens Främjande, NTF.
- Nunn, S. (2011). Death by Motorcycle: Background, Behavioral, and Situational Correlates of Fatal Motorcycle Collisions. *Journal of forensic sciences*, 56, 429-437.
- O'Connor, P. J. (2005). Motorcycle Helmets and Spinal Cord Injury: Helmet Usage and Type. *Traffic Injury Prevention*, 6(1), 60-66.

- O'Connor, P. J., Kloeden, C. & McLean, A. J. (2002). Do Full-Face Helmets Offer Greater Protection Against Cervical Spinal Cord Injury than Open-Face Helmets? *Traffic Injury Prevention*, 3(3), 247-250.
- O'Connor, T., Hanks, H. & Steinhardt, D. (2009). All-terrain vehicle crashes and associated injuries in north Queensland: Findings from the Rural and Remote Road Safety Study. *Australian Journal of Rural Health*, 17(5), 251-256.
- OFV. (2015). *Kjøretøystatistikk 2014*. Oslo: Opplysningsrådet for Vegtrafikken OFV.
- Olson, P. L. (1989). Motorcycle Conspicuity Revisited. *Human Factors*, 31, 141-146.
- Olson, P., Hallstead-Nussloch, R. & Sivak, M. (1981). The effect of improvements in motorcycle/motorcyclist conspicuity on driver behavior. *Human Factors*, 23(2), 237-248.
- Otte, D. (1994). Improvements of optimal passive safety of motorcycles in traffic accidents with integrated leg protector. 6. Fachtagung 'Motorrad', VDI Berichte 1159, Düsseldorf.
- Otte, D., Jansch, M. & Haasper, C. (2012). Injury protection and accident causation parameters for vulnerable road users based on German In-Depth Accident Study GIDAS. *Accident Analysis & Prevention*, 44(1), 149-153.
- Ouellet, J. V. & Kasantikul, V. (2006). Motorcycle Helmet Effect on a Per-Crash Basis in Thailand and the United States. *Traffic Injury Prevention*, 7(1), 49-54.
- Ouellet, J. V. (2011). Helmet Use and Risk Compensation in Motorcycle Accidents. *Traffic Injury Prevention*, 12(1), 71-81.
- Pai, C.-W. (2011). Motorcycle right-of-way accidents—A literature review. *Accident Analysis & Prevention*, 43(3), 971-982.
- Paine, M., Paine, D., Haley, J. & Cockfield, S. (2005). Daytime running lights for motorcycles. 59th GRE, 31 March - 4 April 2008.
- Pelletier, J.-S., Jessica McKee BA, M. & Sandy Widder MD, M. (2012). Retrospective review of all-terrain vehicle accidents in Alberta. *Canadian Journal of Surgery*, 55(4), 249.
- Penumaka, A. P., Savino, G., Baldanzini, N. & Pierini, M. (2014). In-depth investigations of PTW-car accidents caused by human errors. *Safety Science*, 68, 212-221.
- Phan, V., Moutreuil, M., Martin, A., Feurxer, J. & Hermitte, T. (2008). Rider: A complete study on accidents involving a powered two-wheelers. International Motorcycle Conference, 7th, 2008, Essen, Germany.
- Philip, A. F., Fangman, W., Liao, J., Lilienthal, M. & Choi, K. (2013). Helmets Prevent Motorcycle Injuries with Significant Economic Benefits. *Traffic Injury Prevention*, 14(5), 496-500.
- Pinto, M., Cavallo, V. & Saint-Pierre, G. (2014). Influence of front light configuration on the visual conspicuity of motorcycles. *Accident Analysis & Prevention*, 62, 230-237.
- Ponte, G., Searson, D., Royals, J. & Anderson, R. W. (2015). New motorcycle safety technology: an overview for South Australia. Report CASR127. University of Adelaide, Centre for automotive research.
- Preston, B. (1980). Child cyclist accidents and cycling proficiency training. *Accident Analysis and Prevention*, 12, 31-40.
- Preusser, D. F. & A. K. Lund. (1988). And Keep on Looking: A Film to Reduce Pedestrian Crashes Among 9 to 12 Year Olds. *Journal of Safety Research*, 19, 177-185.
- Preusser, D. F., Ferguson, S. A. & Williams, A. F. (1998). The effect of teenage passengers on the fatal crash risk of teenage drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 30(2), 217-222.

- Quddus, M. A., Noland, R. B. & Chin, H. C. (2002). An analysis of motorcycle injury and vehicle damage severity using ordered probit models. *Journal of Safety Research*, 33(4), 445-462.
- Radin Umar, R. S. (2005). The value of daytime running headlight initiatives on motorcycle crashes in Malaysia. *Transport and Communications Bulletin for Asia and the Pacific*, 74, 17-31.
- Radin Umar, R. S., Mackay, G. M. & Hills, B. L. (1995). Preliminary Analysis of Motorcycle Accidents: Short-Term Impacts of the Running Headlights Campaign and Regulation in Malaysia. *Journal of Traffic Medicine*, 23, 17-28.
- Radin Umar, R. S., Mackay, G. M. & Hills, B. L. (1996). Modelling of conspicuity-related motorcycle accidents in Seremban and Shah Alam, Malaysia. *Accident Analysis and Prevention*, 28, 325-332.
- Ramli, R., Oxley, J., Hillard, P., Sadullah, A. F. M. & McClure, R. (2014). The effect of motorcycle helmet type, components and fixation status on facial injury in Klang Valley, Malaysia: a case control study. *Bmc emergency medicine*, 14(1), 1.
- Ranney, M. L., Mello, M. J., Baird, J. B., Chai, P. R. & Clark, M. A. (2010). Correlates of motorcycle helmet use among recent graduates of a motorcycle training course. *Accident Analysis & Prevention*, 42(6), 2057-2062.
- Rechnitzer, G., Grzebieta, R. H., McIntosh, A. S. & Simmons, K. (2013). Reducing all terrain vehicle injuries (ATVs) and deaths: a way ahead. Paper presented at the Proc. 23rd Int. Technical Conf. on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV) Seoul.
- Reeder, A. I., Alsop, J. C., Langley, J. D. & Wagenaar, A. C. (1999). An evaluation of the general effect of the new zealand graduated driver licensing system on motorcycle traffic crash hospitalisations. *Accident Analysis & Prevention*, 31(6), 651-661.
- Rice, T. M., Troszak, L., Ouellet, J. V., Erhardt, T., Smith, G. S. & Tsai, B.-W. (2016). Motorcycle helmet use and the risk of head, neck, and fatal injury: Revisiting the Hurt Study. *Accident Analysis & Prevention*, 91, 200-207.
- Richter, M., Otte, D., Lehmann, U., Chinn, B., Schuller, E., Doyle, D., . . . Krettek, C. (2001). Head injury mechanisms in helmet-protected motorcyclists: prospective multicenter study. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 51(5), 949-958.
- Rizzi, M. (2015). Can a Boxer Engine Reduce Leg Injuries Among Motorcyclists? Analysis of Injury Distributions in Crashes Involving Different Motorcycles Fitted with Antilock Brakes (ABS). *Traffic Injury Prevention*, 16(7), 739-746.
- Rizzi, M., Kullgren, A. & Tingvall, C. (2015B). The combined benefits of motorcycle antilock braking systems (ABS) in preventing crashes and reducing crash severity. *Traffic Injury Prevention*, 1-7.
- Rizzi, M., Kullgren, A. & Tingvall, C. (2016). The combined benefits of motorcycle antilock braking systems (ABS) in preventing crashes and reducing crash severity. *Traffic Injury Prevention*, 17(3), 297-303.
- Rizzi, M., Strandroth, J., Johansson, R. & Lie, A. (2011). The potential of different countermeasures in reducing motorcycle fatal crashes: what in-depth studies tell us. Paper presented at the Proceedings, 22nd International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, Washington DC.
- Rizzi, M., Strandroth, J., Kullgren, A., Tingvall, C. & Fildes, B. (2015A). Effectiveness of Motorcycle Antilock Braking Systems (ABS) in Reducing Crashes, the First Cross-National Study. *Traffic Injury Prevention*, 16(2), 177-183.
- Rodgers, G. B. & Adler, P. (2001). Risk Factors for All-Terrain Vehicle Injuries: A National Case-Control Study. *American Journal of Epidemiology*, 153(11), 1112-1118.

- Roll, G., Hoffmann, O. & König, J. (2009). Effectiveness evaluation of antilock brake system (ABS) for motorcycles in real-word accident scenarios. Proceedings of the 21st ESV Conference, Stuttgart, Germany (2009), pp. 1–22.
- Rome, L. d. & Senserrick, T. (2011). Factors Associated with Motorcycle Crashes in New South Wales, Australia, 2004 to 2008. *Transportation Research Record*, 2265, 54–61.
- Ross, D.J. (1983). The prevention of leg injuries in motorcycle accidents. *Injury* 15, 75–77.
- Rößger, L., Hagen, K., Krzywinski, J. & Schlag, B. (2012). Recognisability of different configurations of front lights on motorcycles. *Accident Analysis & Prevention*, 44(1), 82-87.
- Rosshem, M. E., Wilson, F., Suzuki, S., Rodriguez, M., Walters, S. & Thombs, D. L. (2014). Associations Between Drug Use and Motorcycle Helmet Use in Fatal Crashes. *Traffic Injury Prevention*, 15(7), 678-684.
- Rostas, J. W., Donnellan, K. A., Gonzalez, R. P., Brevard, S. B., Ahmed, N., Rogers, E. A., . . . Simmons, J. D. (2014). Helmet use is associated with a decrease in intracranial hemorrhage following all-terrain vehicle crashes. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 76(1), 201-204.
- Savino, G., Giovanni, F., Piantini, S., Baldanzini, N. & Pierini, M. (2015). Autonomous emergency braking for cornering motorcycle. Paper Nr. 15-02200. Proc. 24th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, Gothenburg, Sweden.
- Savino, G., Giovannini, F., Baldanzini, N., Pierini, M. & Rizzi, M. (2013). Assessing the Potential Benefits of the Motorcycle Autonomous Emergency Braking Using Detailed Crash Reconstructions. *Traffic Injury Prevention*, 14(sup1), S40-S49.
- Savino, G., Pierini, M., Thompson, J., Fitzharris, M. & Lenné, M. G. (2016). Exploratory Field Trial Of Motorcycle Autonomous Emergency Braking (MAEB): Considerations On The Acceptability Of Unexpected Automatic Decelerations. *Traffic Injury Prevention*.
- Savino, G., Rizzi, M., Brown, J., Piantini, S., Meredith, L., Albanese, B., . . . Fitzharris, M. (2014). Further Development of Motorcycle Autonomous Emergency Braking (MAEB), What Can In-Depth Studies Tell Us? A Multinational Study. *Traffic Injury Prevention*, 15(sup1), S165-S172.
- Savolainen, P. & Mannering, F. (2007). Probabilistic models of motorcyclists' injury severities in single- and multi-vehicle crashes. *Accident Analysis and Prevention*, 37, 955–963.
- Savolainen, P. T., Mannering, F. L., Lord, D. & Quddus, M. A. (2011). The statistical analysis of highway crash-injury severities: A review and assessment of methodological alternatives. *Accident Analysis & Prevention*, 43(5), 1666-1676.
- Schneider Iv, W. H., Savolainen, P. T., Van Boxel, D. & Beverley, R. (2012). Examination of factors determining fault in two-vehicle motorcycle crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 45, 669-676.
- Schulz, U. (1995). Gibt es einen zusammenhang zwischen motorradleistung und unfallverwicklung? *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik*, 33, 239-244.
- Schulz, U. (1998). Riding style, engine power, and accident involvement of motorcyclists. Proceedings 2nd International Motorcycle Conference, Munich, pp- 263-277.
- Seiniger, P., Schröter, K. & Gail, J. (2012). Perspectives for motorcycle stability control systems. *Accident Analysis & Prevention*, 44(1), 74-81.
- Seiniger, P. (2009). Erkennbarkeit und Vermeidbarkeit von ungebremsten Motorrad-Kurvenunfällen. Dissertation, Fachbereich Maschinenbau, Technische Universität Darmstadt.

- Sexton, B., Baughan, C. J., Elliott, M. A. & Maycock, G. (2004). The accident risk of motorcyclists. TRL Report TRL607.
- Sexton, B., Baughan, C. J., Elliott, M. A. & Maycock, G. (2004). The accident risk of motorcyclists. TRL Report TRL607.
- Shaheed, M. & Dissanayake, S. (2011). Risk factors associated with motorcycle crash severity in Kansas. Paper presented at the 90th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.
- Shaheed, M. S. B., Gkritza, K. & Marshall, D. (2012). Motorcycle conspicuity: what factors have the greatest impact. In: Trans Project Reports. Iowa State University, Institute for Transportation.
- Shaheed, M. S. B., Gkritza, K., Zhang, W. & Hans, Z. (2013). A mixed logit analysis of two-vehicle crash severities involving a motorcycle. *Accident Analysis & Prevention*, 61, 119-128.
- Shaheed, M. S. B., Zhang, W., Gkritza, K. & Hans, Z. (2011). Differences in motorcycle conspicuity-related factors and motorcycle crash severities in daylight and dark conditions. Paper presented at the Proceeding of the Third International Conference on Road Safety and Simulation, Indianapolis, IN.
- Shankar, V. & Mannering, F. (1996). An exploratory multinomial logit analysis of single-vehicle motorcycle accident severity. *Journal of Safety Research*, 27(3), 183-194.
- Shibata, A. & Fukuda, K. (1994). Risk factors of fatality in motor vehicle traffic accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 26(3), 391-397.
- Shulruf, B. & Balemi, A. (2010). Risk and preventive factors for fatalities in All-terrain Vehicle Accidents in New Zealand. *Accident Analysis & Prevention*, 42(2), 612-618.
- Simons-Morton, B., Lerner, N. & Singer, J. (2005). The observed effects of teenage passengers on the risky driving behavior of teenage drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 37(6), 973-982.
- Simpkin, B., Lai, F., Chorlton, K. & Fowkes, M. (2007). ISA UK Intelligent Speed Adaptation - Results of Motorcycle Trial. Report, University of Leeds, MIRA.
- Smith, L. M., Pittman, M. A., Marr, A. B., Swan, K., Singh, S., Akin, S. J., . . . Moore, F. A. (2005). Unsafe at Any Age: A Retrospective Review of All-Terrain Vehicle Injuries in Two Level I Trauma Centers from 1995 to 2003. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 58(4), 783-788.
- Smith, T. A. (2009). Multivariate analysis of maids fatal accidents. ACEM Report MAIDS In-Depth Investigation of Motorcycle Accidents. Brussels: Belgium.
- Snook, C. (2009). An Assessment of Passive Roll over Protection for Quad Bikes. Brisbane, Australia: University of Southern Queensland.
- Snyder, C. W., Muensterer, O. J., Sacco, F. & Safford, S. D. (2014). Helmet use among Alaskan children involved in off-road motorized vehicle crashes. *International journal of circumpolar health*, 73.
- Sporner, A. & Kramlich, T. (2001). Motorcycle braking and its influence on severity of injury. Proceedings of the 17th ESV Conference, Amsterdam, The Netherlands (2001), pp. 1-7.
- Sung, K.-M., Noble, J., Kim, S.-C., Jeon, H.-J., Kim, J.-Y., Do, H.-H., . . . Baek, K.-J. (2016). The Preventive Effect of Head Injury by Helmet Type in Motorcycle Crashes: A Rural Korean Single-Center Observational Study. *BioMed Research International*, 2016.
- Suri, M. P., Naik, N. R. & Raibagkar, S. C. (2007). Heel flap injuries in spoke wheel accidents. *Injury, International Journal of the Care of the Injured*, 38, 619-624.

- Teoh, E. R. & Campbell, M. (2010). Role of motorcycle type in fatal motorcycle crashes. *Journal of Safety Research*, 41(6), 507-512.
- Teoh, E. R. & Campbell, M. (2010). Role of motorcycle type in fatal motorcycle crashes. *Journal of Safety Research*, 41(6), 507-512.
- Teoh, E. T. (2010). Effectiveness of antilock braking systems in reducing motorcycle fatal crash rates. Report. Insurance Institute for Highway Safety.
- Teoh, E. T. (2013). Effects of antilock braking systems on in reducing motorcycle fatal crash rates: An Update. Insurance Institute for Highway Safety.
- Thiele, G., Kafka, P., Litzenberger, S. & Sabo, A. (2015). Neck Braces in Motocross: Different Designs and Their Effects on Muscular Activity of the Neck. *Procedia Engineering*, 112, 71-76.
- Thomson, G. A. (1980). The role frontal motorcycle conspicuity has in road accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 12, 165-178.
- Troup, G. A., Torpey, S. E. & Wood, H. T. (1984). Engine capacity restrictions for novice motorcyclists - the Victorian experience. *ARRB Proceedings*, Volume 12, Part 7, 1-12.
- Truong, J., Cockfield, S. & Russell, M. (2012). Motorcycle Protective Clothing—Outcomes from a Pilot Testing Program. Paper presented at the Australasian Road Safety Research Policing Education Conference, 2012, Wellington, New Zealand.
- Tsutsumi, Y. & Maruyama, K. (2007). LONG lighting systems for enhanced conspicuity of motorcycles. Paper Number 07-0182. Honda R&D Co. Ltd.
- Van Ee, C. A., Toomey, D. E., Moroski-Browne, B. A., Vander Roest, M. & Wilson, A. (2014). ATV Rollover, Rider Response, and Determinants of Injury: In-depth Analysis of Video-documented ATV Rollover Events. *Traffic Injury Prevention*, 15(sup1), 190-S196.
- Vaughan, R. G., Pettigrew, K. & Lukin, J. (1977). *Motorcycle crashes: A two level study*. Sydney, NSW, Traffic Accident Research Unit, Department of Motor Transport, Sydney.
- Vlahogianni, E. I., Yannis, G. & Golias, J. C. (2012). Overview of critical risk factors in power-two-wheeler safety. *Accident Analysis & Prevention*, 49, 12-22.
- Vlahogianni, E. I., Yannis, G. & Golias, J. C. (2012). Overview of critical risk factors in power-two-wheeler safety. *Accident Analysis & Prevention*, 49(0), 12-22.
- Waller, P. F. & Griffin, L. I. (1981). The impact of a motorcycle lights-on law: an update. Report HSRC A71. Chapel Hill, NC, University of North Carolina, Highway Safety Research Center.
- Wang, C., Lu, L., Lu, J. & Wang, T. (2016). Correlation between crash avoidance maneuvers and injury severity sustained by motorcyclists in single-vehicle crashes. *Traffic Injury Prevention*, 17(2), 188-194.
- Weiss, H., Agimi, Y. & Steiner, C. (2010). Youth Motorcycle-Related Brain Injury by State Helmet Law Type: United States, 2005–2007. *Pediatrics*, 126(6), 1149-1155.
- Wells, S., Mullin, B., Norton, R., Langley, J., Connor, J., Lay-Yee, R. & Jackson, R. (2004). Motorcycle rider conspicuity and crash related injury: case-control study. *British Medical Journal*, 328.
- Wells, S., Mullin, B., Norton, R., Langley, J., Connor, J., Lay-Yee, R. & Jackson, R. (2004). Motorcycle rider conspicuity and crash related injury: Case-control study. *British Medical Journal*, 328.
- Whyte, T., Gibson, T., Brown, J., Milthorpe, B. & Eager, D. (2015). Mechanisms of head and neck injuries sustained by helmeted motorcyclists in NSW, Australia. Paper presented at the 24th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV).

- Williams, M. J. & Hoffman, E. R. (1979). Motorcycle conspicuity and traffic accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 11, 209-224.
- Wordley, S. & Campus, C. (2012). Quad Bike Crush Protection Devices (CPDs): Updates to ISCRR Snapshot.
- Wordley, S. & Field, B. (2012). Quad bike safety devices: A snapshot review. Melbourne: Institute for Safety Compensation and Recovery Research.
- Wulf, G., P. A. Hancock & Rahimi, M. (1989). Motorcycle Conspicuity: An Evaluation and Synthesis of Influential Factors. *Journal of Safety Research*, 20, 153-176.
- Yen, P. T., Radin Umar, R. S. & Azhar, A. A. (2001). Relative risk of fatal injury in “high-performance-small-motorcycle” crashes in Malaysia. *Journal of Crash Prevention and Injury Control*, 2(4), 307-315.
- Yildirim, F. & Block, W. (2015). Easy Rider: Antilock Braking for Motorcycles. *Vision Zero International*, 60-61.
- Yokoyama, T., Kawamata, H., Hitosugi, M., Sasaki, T. & Imai, Y. (2006). Relationship Between the Severity of Oral and Maxillofacial Injuries and Helmet Use by Type in Motorcycle Accidents. *Dokkyo journal of medical sciences*, 33(1), 11-16.
- Yu, W.-Y., Chen, C.-Y., Chiu, W.-T. & Lin, M.-R. (2011). Effectiveness of different types of motorcycle helmets and effects of their improper use on head injuries. *International Journal of Epidemiology*.
- Yuan, W. (2000). The effectiveness of the ‘ride-bright’ legislation for motorcycles in Singapore. *Accident Analysis & Prevention*, 32(4), 559-563.
- Zador, P. L. (1985). Motorcycle Headlight-Use Laws and Fatal Motorcycle Crashes in the US, 1975-83. *American Journal of Public Health*, 75, 543-546.
- Zambon, F. & Hasselberg, M. (2006). Factors affecting the severity of injuries among young motorcyclists—A Swedish nationwide cohort study. *Traffic Injury Prevention*, 7, 143.
- Zellner, J., Keschull, S. & Van Auken, R. (2012). Updated Injury Risk/Benefit Analysis Of Quadbar Crush Protection Device (CPD) For All-Terrain Vehicles (ATVs). Report DRI-TR-12-06.
- Zellner, J., Van Auken, R., Keschull, S. & Smith, T. (2014). Comments on Monash/ISCRR report by Wordley (2012) Entitled "Quad bike crush protection devices (CPDs): Updates to ISCRR snapshot review CI-12-022. Torrance, California: Dynamic Research Inc.
- Zulkipli, Z. H., Abdul Rahmat, A. M., Mohd Faudzi, S. A., Paiman, N. F., Wong, S. V. & Hassan, A. (2012). Motorcycle-related spinal injury: Crash characteristics. *Accident Analysis & Prevention*, 49, 237-244.

Transportøkonomisk institutt (TØI) Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

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

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

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

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

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

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

Besøks- og postadresse:

Transportøkonomisk institutt
Gautstadalléen 21
NO-0349 Oslo

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