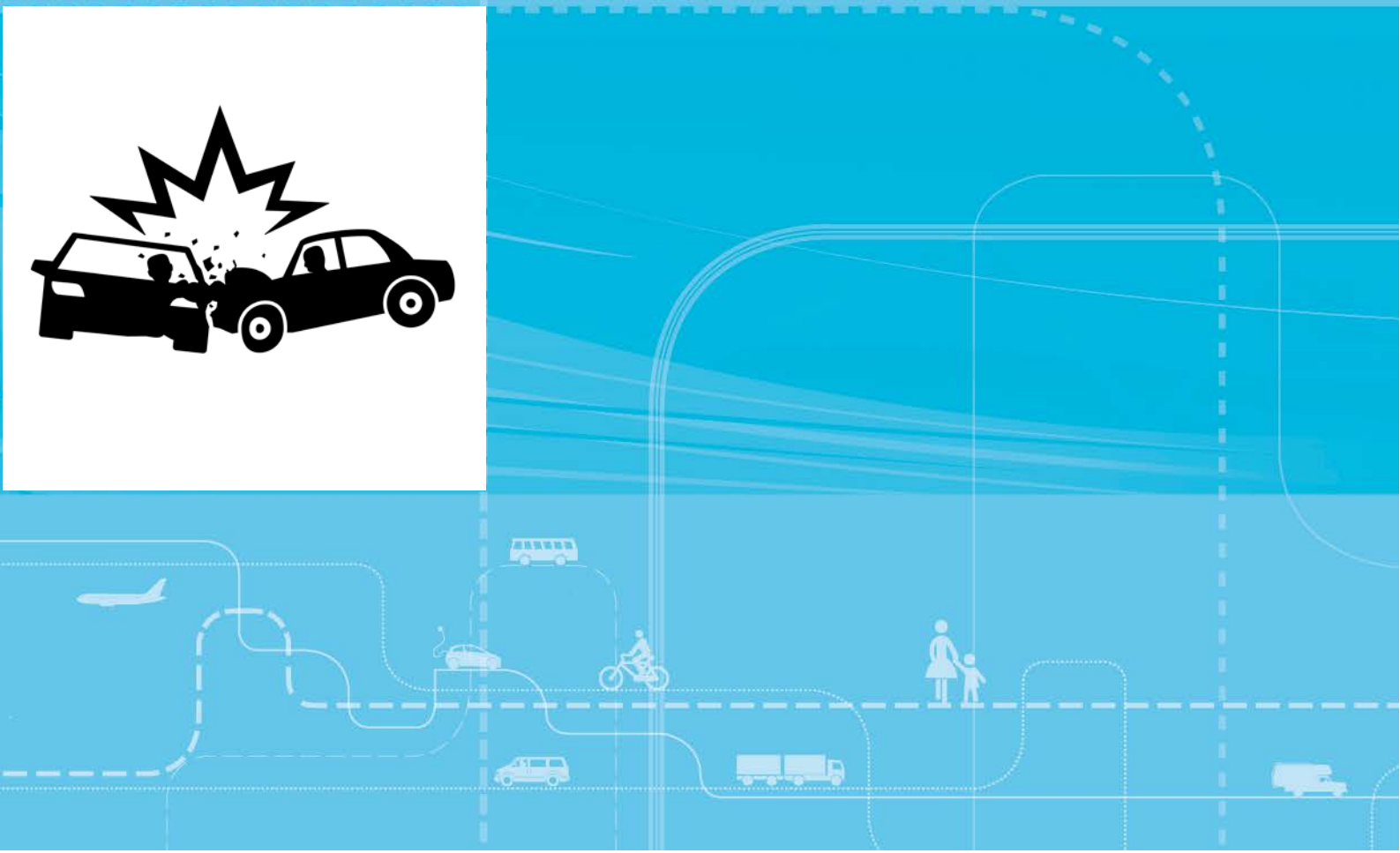


# Trafikksikkerhetseffekter av bilenes kollisjonssikkerhet, vekt og kompatibilitet





# Trafikksikkerhetseffekter av bilenes kollisjonssikkerhet, vekt og kompatibilitet

Alena Høye

Forsidebilde: Shutterstock

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

---

**Tittel** Trafikksikkerhetseffekter av bilenes kollisjonssikkerhet, vekt og kompatibilitet

**Forfatter:** Alena Høye

**Dato:** 12.2017

**TØI-rapport** 1580/2017

**Sider:** 80

**ISBN elektronisk:** 978-82-480-2072-1

**ISSN:** 0808-1190

**Finansieringskilder:** Statens vegvesen, Vegdirektoratet Samferdselsdepartementet

**Prosjekt:** 1175 – Trafikksikkerhetshåndboken

**Prosjektleder:** Alena Høye

**Kvalitetsansvarlig:** Michael W.J. Sørensen

**Fagfelt:** 21 – Sikkerhet og tiltak

**Emneord:** Trafikksikkerhet; Bil; Ulykke; Trafikksikkerhetshåndbok; Vekt; Kompatibilitet; Modellår; Elbiler

**Title** Road safety effects of vehicles crashworthiness, weight, and compatibility

**Author:** Alena Høye

**Date:** 12.2017

**TØI Report:** 1580/2017

**Pages:** 80

**ISBN Electronic:** 978-82-480-2072-1

**ISSN:** 0808-1190

**Financed by:** Norwegian Public Roads Administration; Ministry of Transport and Communications

**Project:** 1175 – Handbook of Road Safety Measures

**Project Manager:** Alena Høye

**Quality Manager:** Michael W.J. Sørensen

**Research Area:** 21 – Safety and crash countermeasures

**Keywords:** Road Safety; Car; Crash; Curb weight; Crash compatibility; Model year; Electric vehicle

#### Sammendrag:

Rapporten presenterer resultater fra litteraturstudier av hvordan bilenes kollisjonssikkerhet, vekt og kompatibilitet påvirker skadegraden i ulykker, samt om elbilenes ulykkesinnblanding og -risiko. Det er bl.a. undersøkt hvorvidt resultater fra kollisjonstester i testprogrammer som Euro NCAP henger sammen med skadegraden i ulykker. Det er også undersøkt hvorvidt kollisjonssikkerhet og vekt har endret seg over tid og hvilke forskjeller som finnes mellom ulike typer kjøretøy, både når det gjelder skaderisikoen for personer i den egne bilen og for motparten i kollisjoner. Kjøretøyenes kompatibilitet beskriver i hvilken grad kjøretøy beskytter personer både i det egne kjøretøyet og hos motparten. Ut fra disse faktorene har noen studier forsøkt å beregne hvordan endringer i bilparken mht. fordelingen av typer kjøretøy og vekt vil påvirke totale skadetall. Elbiler har i de siste årene fått økt utbredelse og det er i noen studier undersøkt hvordan elbiler påvirker risikoen for ulykker og skadegraden i ulykker.

#### Summary:

This report presents results of literature reviews of the effects of vehicles crashworthiness, weight, and compatibility on crash severity, as well as effects of electric vehicles on crashes and crash severity. Empirical studies have investigated the relationship between crash test results (in programs such as Euro NCAP) and injury severity in crashes, changes of vehicles crashworthiness and weight over time and differences between different types of vehicles. Crash compatibility describes the degree to which vehicles protect both own occupants and crash partners in collisions. Some studies have estimated potential effects of changing the composition of the vehicle fleet with respect to types of vehicles or vehicle weights on the total number of killed or seriously injured. Effects of crashworthiness, weight and compatibility for electric vehicles are described in an own chapter which also addresses the effects of electric vehicles on crash risk.

**Language of report:** Norwegian

*Transportøkonomisk Institutt  
Gaustadalleen 21, 0349 Oslo  
Telefon 22 57 38 00 - [www.toi.no](http://www.toi.no)*

*Institute of Transport Economics  
Gaustadalleen 21, 0349 Oslo, Norway  
Telefon 22 57 38 00 - [www.toi.no](http://www.toi.no)*

# Forord

Denne rapporten inneholder lange versjoner av fire kapitler i Trafikksikkerhetshåndboken som handler om bilenes passive sikkerhet, samt kapitlet om elbiler. Kortere versjoner av kapitlene er publisert online på <http://tsh.toi.no/>. Rapporten har samme struktur som hvert av kapitlene i Trafikksikkerhetshåndboken, men hvert kapittel i rapporten inneholder informasjon tilhørende alle fire kapitlene.

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.

Som en del av den kontinuerlige revisjonen av Trafikksikkerhetshåndboken er denne rapporten finansiert av Statens vegvesen og Samferdselsdepartementet. Oppdragsgivernes kontaktperson er Arild Ragnøy i Statens vegvesen.

Rapporten er skrevet av Alena Høye. Michael W. J. Sørensen er ansvarlig for kvalitetssikringen. Trude Rømming har tilrettelagt rapporten for publisering.

Oslo, desember 2017

Transportøkonomisk institutt

*Gunnar Lindberg*

*Direktør*

*Michael W. J. Sørensen*

*Andelingsleder*



# Innhold

## Sammendrag

### Summary

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Problem og formål</b> .....	<b>2</b>
2.1	Kollisjonssikkerhet.....	2
2.2	Bilenes vekt.....	3
2.3	Kjøretøyenes kompatibilitet ved ulykker.....	3
2.4	Elbiler.....	4
<b>3</b>	<b>Beskrivelse av tiltakene</b> .....	<b>5</b>
3.1	Kollisjonssikkerhet.....	5
3.2	Bilenes vekt.....	9
3.3	Kjøretøyenes kompatibilitet ved ulykker.....	10
3.4	Elbiler.....	14
<b>4</b>	<b>Virkninger på ulykker</b> .....	<b>15</b>
4.1	Kollisjonssikkerhet: Resultater i kollisjonstester.....	15
4.2	Kollisjonssikkerhet: Generelle forbedringer over tid.....	21
4.3	Kollisjonssikkerhet: Typer lette kjøretøy.....	26
4.4	Kollisjonssikkerhet: Bilenes alder.....	35
4.5	Kollisjonssikkerhet: Andre egenskaper ved biler.....	37
4.6	Bilenes vekt.....	38
4.7	Kjøretøyenes kompatibilitet ved ulykker.....	49
4.8	Elbiler.....	58
<b>5</b>	<b>Virkning på fremkommeligheten</b> .....	<b>61</b>
<b>6</b>	<b>Virkning på miljøforhold</b> .....	<b>62</b>
<b>7</b>	<b>Nytte-kostnadsvurderinger</b> .....	<b>64</b>
7.1	Kostnader.....	64
7.2	Forholdet mellom nytte og kostnader.....	64
<b>8</b>	<b>Formelt ansvar og saksgang</b> .....	<b>66</b>
8.1	Kollisjonssikkerhet.....	66
8.2	Vekt.....	66
8.3	Kompatibilitet.....	67
8.4	Elbiler.....	67
<b>9</b>	<b>Referanser</b> .....	<b>68</b>





## Sammendrag

# Trafikksikkerhetseffekter av bilenes kollisjonssikkerhet, vekt og kompatibilitet

TØI rapport 1580/2017  
Forfatter: Alena Høy  
Oslo 2017, 80 sider

Rapporten presenterer resultater fra litteraturstudier av hvordan bilenes kollisjonssikkerhet, vekt og kompatibilitet påvirker skadegraden i ulykker, samt hvordan elbiler påvirker ulykker. Kollisjonssikkerhet beskriver i hvilken grad bilen beskytter personer i bilen, gitt at denne er innblandet i en ulykke. I empiriske studier er det undersøkt hvorvidt resultater fra kollisjonstester i testprogrammer som bl.a. Euro NCAP henger sammen med skadegraden i ulykker. Det er også undersøkt hvorvidt kollisjonssikkerheten har endret seg over tid og hvilke forskjeller som finnes mellom ulike typer kjøretøy, både når det gjelder skaderisikoen for personer i den egne bilen og for motparten i kollisjoner. Videre er det i empiriske studier undersøkt hvordan kjøretøyenes vekt henger sammen med skadegraden i den egne bilen og hos motparten i kollisjoner. Kjøretøyenes kompatibilitet beskriver i hvilken grad kjøretøy beskytter personer både i det egne kjøretøyet og hos motparten. Ut fra disse faktorene har noen studier forsøkt å beregne hvordan endringer i bilparken mht. fordelingen av typer kjøretøy og vekt vil påvirke totale skadetall. Elbiler har i de siste årene fått økt utbredelse og det er i noen studier undersøkt hvordan elbiler påvirker risikoen for ulykker og skadegraden i ulykker.

De aller fleste resultatene som er beskrevet i denne rapporten gjelder lette kjøretøy, dvs. personbiler, SUVer (sports utility vehicles), pickuper og vans. «Biler» er her brukt synonymt med «lette kjøretøy», personbiler er eksplisitt omtalt som personbiler. Hovedfokuset i litteraturstudiene er på empiriske studier av virkninger i ulykker. Der det er mulig er resultatene fra slike studier oppsummert med meta-analyse.

Rapporten er skrevet som en del av den kontinuerlige revisjonen av Trafikksikkerhetshåndboken og rapportens innhold er i sterkt forkortet form publisert online på <http://tsh.toi.no/> i form av fire kapitler i Trafikksikkerhetshåndboken (kapitlene 4.16, 4.19, 4.22 og 4.35). Rapporten har samme struktur som hvert av kapitlene i Trafikksikkerhetshåndboken, men hvert kapittel i rapporten inneholder informasjon tilhørende alle fire kapitlene.

I de følgende avsnittene gis en kort oversikt over virkningene på ulykker og skadegraden i ulykker for hver av de fire typer tiltak (tilsvarende inndelingen i kapitlene i Trafikksikkerhetshåndboken).

## Bilenes kollisjonssikkerhet

Kollisjonssikkerhet betyr i hvilken grad kjøretøy beskytter personer i det egne kjøretøyet, gitt at dette er innblandet i en ulykke. Kollisjonssikkerheten kan imidlertid også påvirke skaderisikoen hos motparten i kollisjoner. En indikator på kollisjonssikkerhet er resultater i kollisjonstester. Generelle endringer over tid og effekter av bilenes alder er også undersøkt i empiriske studier.

## **Resultater i kollisjonstester**

Formålet med kollisjonstestprogrammer (som f.eks. Euro NCAP) er å gi bilkjøperne informasjon (for å øke salget av de sikreste bilene) og å gi bilprodusentene et insentiv for å produsere sikrere biler. Slike testprogrammer har mest fokus på bilenes passive sikkerhet (kollisjonstester for å teste hvorvidt bilene beskytter mot alvorlige skader i kollisjoner), men tar i økende grad også hensyn til aktive sikkerhetstiltak (som skal redusere ulykkesrisikoen).

De fleste empiriske studier som har undersøkt sammenhengen mellom resultater i kollisjonstester (med fokus på passive sikkerhet) og skadegraden i ulykker, er fra USA (US NCAP, IIHS), mens noen studier er fra europeiske land (Euro NCAP) eller Australia (ANCAP). For alle studiene sett under ett, tyder resultatene på at skaderisikoen synker med omtrent 5% for hver ny stjerne en bil får i en kollisjonstest. Det er imidlertid stor heterogenitet i resultatene og ikke alle studier finner konsistente sammenhenger mellom testresultat og skadegrad. Sammenhengen er større for mer alvorlige skader og i mer alvorlige ulykker enn med mindre alvorlige skader/i mindre alvorlige ulykker.

En mulig utilsiktet virkning av kollisjonstestprogrammer er at bilprodusenter tilpasser bilene for å oppnå best mulig resultater i kollisjonstestene, på bekostning av forbedringer som vil øke sikkerheten i ekte ulykker men ikke i kollisjonstester.

## **Generelle forbedringer over tid**

**Skaderisiko for personer i den egne bilen:** Empiriske studier som har undersøkt sammenhengen mellom bilenes modellår og risikoen for å bli D/HS i den egne bilen, viser at risikoen har gått ned for biler av senere modellår, i gjennomsnitt med 4,2% per år. Dette gjelder uavhengig av bilenes alder. Forklaringen er i hovedsak at bilene er blitt sikrere, men økt vekt kan også ha bidratt. Ingen av studiene tyder på at risikonedgangen har begynt å flate av over tid. Selv om det finnes grenser for hvor kraftige kollisjoner menneskekroppen tåler, viser studier med racing-biler at det teoretisk er mulig å konstruere biler som gjør det mulig å overleve kollisjoner i svært høy hastighet.

**Skaderisiko for motparten i kollisjoner:** Sammenhengen mellom bilenes modellår og risikoen for motparten i kollisjoner er kun undersøkt i svært få studier og disse viser inkonsistente resultater.

**Samlet skaderisiko i kollisjoner:** Det er kun funnet én empirisk studie som har undersøkt sammenhengen mellom bilenes modellår og skaderisikoen for alle innblandede i kollisjoner og denne viser at innblanding av biler fra senere modellår medfører at færre av de innblandede blir drept eller hardt skadd (D/HS).

## **Typer lette kjøretøy**

**Skaderisiko for personer i den egne bilen:** Studier som har undersøkt sammenhengen mellom type kjøretøy (i hovedsak personbil, sports utility vehicle (SUV), pickup, van) og skaderisikoen blant personen i den egne bilen, gitt at denne er innblandet i en ulykke, viser at skaderisikoen som regel synker med bilenes/kjøretøyenes størrelse. Skaderisikoen i **kollisjoner** er:

- Lavere i store biler enn i mindre biler
- Lavere i biler med firehjulstrekk (som vanligvis er blant de større/tyngre modellene) enn i andre biler
- Lavere i SUVer og pickuper («light truck vehicles», LTV) enn i personbiler (forskjellene skyldes både forskjeller i vekt og geometri)
- Lavere i busser og lastebiler enn i lette kjøretøy

- Risikoen i sportsbiler er høyere enn i en stor bil, men lavere enn i mindre biler.

I **eneulykker** har LTVer høyere risiko for alvorlige skader enn personbiler, men denne forskjellen blir trolig mindre over tid som følge av at stadig flere LTVer har elektronisk stabilitetskontroll (antiskrens, ESC).

**Skaderisiko for motparten i kollisjoner:** Skaderisikoen som biler/kjøretøy medfører for motparten i kollisjoner, øker som regel med bilenes/kjøretøyenes størrelse. Større biler og biler med firehjulstrekk medfører større risiko enn mindre biler, og sportsbiler medfører omtrent like stor risiko som en middels stor bil. SUTer og, i enda større grad pickuper, medfører større risiko enn personbiler og risikoforskjellen er størst i sidekollisjoner. Risikoforskjellen mellom LTVer og personbiler er blitt mindre over tid pga. økte krav til kompatibilitet. Busser og lastebiler medfører størst risiko.

**Samlet skaderisiko i kollisjoner:** Hvorvidt den samlede skaderisikoen er forskjellig for ulike typer personbil, spriker mellom ulike studier, trolig fordi de motsatte effektene av bilenes størrelse på egen- og fremmedrisiko omtrent oppveier hverandre. De fleste empiriske studiene viser at LTVer medfører høyere samlet skaderisiko enn personbiler og at pickuper medfører større samlet skaderisiko enn SUTer. Dette gjelder i enkelte kollisjoner, men også i bilparken som helhet når man ser på både kollisjoner og eneulykker.

### **Bilenes alder**

Eldre biler medfører i gjennomsnitt høyere skaderisiko for personene i bilen enn nyere biler (uavhengig av bilenes modellår). For personbiler er den gjennomsnittlige økningen i risikoen for alvorlige ulykker på 2,3%.

### **Bilenes vekt**

**Skaderisiko for personer i den egne bilen:** Tyngre biler har lavere egenrisiko enn lettere biler. For lette kjøretøy medfører en vektøkning på 100 kg i gjennomsnitt en reduksjon av risikoen for å bli D/HS i en kollisjon med et annet lett kjøretøy på 7,5%. Sammenhengen mellom bilenes vekt og egenrisiko er større i kollisjoner enn i eneulykker og har blitt mindre over tid. Sistnevnte kan trolig forklares med at bilene generelt er blitt sikrere, samt at høydeforskjeller og andre kompatibilitetsproblemer er blitt mindre over tid.

I tillegg til den egne bilens vekt har også forholdet mellom egen og motpartens vekt betydning for den egne skaderisikoen. Større vektforskjell mellom den egne bilen og motparten i en kollisjon medfører større risiko i den egne bilen. I tyngre biler er den egne risikoen i mindre grad påvirket av motpartens vekt enn i lettere biler.

**Skaderisiko for motparten i kollisjoner:** Tyngre biler medfører større risiko for motparten i kollisjoner enn lettere biler. En vektøkning på 100 kg medfører i gjennomsnitt en økning av risikoen for at motparten i en kollisjon blir drept på 6,6%.

**Samlet skaderisiko i kollisjoner:** Tyngre personbiler medfører i gjennomsnitt færre skadde/drepte i kollisjoner (totalt sett i den egne bilen og hos motparten). Vektens betydning for det samlede antall skadde/drepte i kollisjoner har blitt mindre over tid.

For SUTer og pickuper er sammenhengen mellom egen vekt og samlet antall drepte/skadde i kollisjoner lite systematisk, men det er en tendens til at antall skadde/drepte per kollisjon øker med økende vekt blant de tyngste kjøretøyene. For vans medfører økende vekt flere skadde/drepte i kollisjoner.

I kollisjoner mellom kjøretøy av samme vekt viser eldre studier at det samlede antall skadde går ned med 3,7% per 100 kg vektøkning (per kjøretøy).

En nyere studie viser at lavere gjennomsnittsvekt i hele bilparken ville medføre færre drepte og skadde. Resultatene fra eldre studier spriker.

## **Kjøretøyenes kompatibilitet ved ulykker**

Med kompatibilitet menes i hvilken grad kjøretøy beskytter både personer i den egne bilen og hos motparten i kollisjoner. Kjøretøyenes kompatibilitet avhenger bl.a. av den egne bilens og motpartens geometri, vekt og stivhet. For å være mest mulig compatible, må begge kjøretøyene være utformet slik at det andre kjøretøyet i hovedsak treffer de energiabsorberende delene på kjøretøyet.

**Egen- vs. fremmedrisiko:** De aller fleste studiene viser at det er en negativ sammenheng mellom den egne og motpartens skaderisiko, dvs. at biler som er sikrere for personene i bilen, medfører større risiko for motparten i kollisjoner. Dette gjelder både når man ser på kjøretøy av ulik vekt og ulike typer kjøretøy.

**Kompatibilitetskrav:** Nye kompatibilitetskrav for SUVer og pickuper i USA har redusert skaderisikoen for motparten med 16%. Det er i hovedsak høyden på fronten til SUVer og pickuper som er avgjørende og i mindre grad energiabsorberende materialer.

**«Kapprustning»:** Dersom alle kjøper biler som er sikrest for dem selv, kan den totale skaderisikoen øke fordi de «sikreste» bilene som regel også er de mest aggressive. Den totale skaderisikoen er lavest hvis alle kjøper biler som minimerer den egne og motpartens skaderisiko. Slike biler er ofte mindre sikre i kollisjoner med «sikrere» biler, men minst like sikre i kollisjoner med lignende biler. Den enkelte bilkjøper er dermed i en situasjon som ligner på «fangenes dilemma» hvor det avhenger av andres valg hvilket alternativ som er det gunstigste.

**Beskyttelse av fotgjengere og syklister – Type bil:** LTVer medfører en risikoøkning på 50% eller mer for fotgjengere og syklister for å bli D/HS ved en påkjørsel (sammenlignet med en påkjørsel av en personbil).

**Beskyttelse av fotgjengere og syklister – NCAP pedestrian:** Bedre vurderinger av fotgjengerbeskyttelsen i Euro NCAP har vist seg å medføre lavere risiko for å bli D/HS, både for fotgjengere og syklister, men resultatene lar seg ikke generalisere på grunn av endringene av testkriteriene og vurderingene over tid.

**Beskyttelse av fotgjengere og syklister – Fotgjenger-airbag og pop-up motorpanser:** Fotgjenger-airbag og pop-up motorpanser kan redusere hodeskader blant fotgjengere og syklister ved påkjørsler med omtrent en tredjedel. Pop-up motorpanser kan imidlertid føre til flere og mer alvorlige skader fra sekundære sammenstøt mellom hode og bakken.

**Kufanger:** Kufangere medfører som regel økt skaderisiko for motparter i kollisjoner og spesielt for fotgjengere og syklister. Effekten avhenger imidlertid av hvorvidt kufangeren er energiabsorberende samt utformingen av bilens front uten kufanger.

## Elbiler

**Kollisjonssikkerhet:** Elbiler har i gjennomsnitt dårligere vurderinger for beskyttelse av voksnes sikkerhet i Euro NCAP testprogrammet enn andre biler innenfor alle kategoriene av personbil og det er færre elbiler som har en totalvurdering på fem Euro NCAP stjerner enn blant bensin- og diesebilene. Hybridbiler har lignende vurderinger som bensin- og dieserbiler.

**Vekt:** Elbilene er i gjennomsnitt ca. 10-25% tyngre enn bensin-/dieserbiler i de samme kategoriene. Dette tilsier at elbiler gir bedre beskyttelse for personer i den egne bilen, men utgjør større risiko for motparten i kollisjoner enn bensin-/dieserbiler.

**Elbiler og myke trafikanter:** Elbiler er oftere enn andre biler innblandet i kollisjoner med myke trafikanter, især på veger med lav fartsgrense og i kryss. Dette kan skyldes at elbilene lager mindre lyd ved lav fart enn andre biler, men elbiler kjører også mer i områder med myke trafikanter, lave fartsgrenser og kryss enn andre biler.

**Brannikkerhet:** Batteriene i elbiler kan potensielt medføre brannfare, men det er ikke funnet empiriske studier som har undersøkt dette i ekte ulykker.



## Summary

# Road safety effects of vehicles crashworthiness, weight, and compatibility

TØI Report 1580/2017

Author: Alena Høy

Oslo 2017, 80 pages Norwegian language

---

*This report presents results of literature reviews of the effects of vehicles crashworthiness, weight, and compatibility on crash severity, as well as effects of electric vehicles on crashes and crash severity. Crashworthiness is the degree to which vehicles protect occupants from (severe) injuries in crashes. However, vehicles crashworthiness can also affect injuries among crash partners. Empirical studies have investigated the relationship between crash test results (in programs such as Euro NCAP) and injury severity in crashes, changes of vehicles crashworthiness over time and differences between different types of vehicles. The relationship between vehicles' weight and injury severity, both among own occupants and crash partners, has been investigated as well. Crash compatibility describes the degree to which vehicles protect both own occupants and crash partners in collisions. Some studies have estimated potential effects of changing the composition of the vehicle fleet with respect to types of vehicles or vehicle weights on the total number of killed or seriously injured. Effects of crashworthiness, weight and compatibility for electric vehicles are described in an own chapter which also addresses the effects of electric vehicles on crash risk.*

The main focus in this report is on empirical studies of real world crashes. As far as possible, results are summarized with meta-analysis. Most results refer to light vehicles, i.e. passenger cars, sports utility vehicles (SUV), pickups, and vans.

The report is a part of the continuous updating of the Handbook of Road Safety Measures (Elvik et al., 2009). Short versions of all parts of the report are published in Norwegian online at <http://tsh.toi.no/>.

## Crashworthiness

Vehicles' crashworthiness refers to the protection of (the own vehicle's) occupants in the event of a crash. Injury risk among crash partners may be affected as well. Empirical studies of results in crash tests, general changes of vehicles crashworthiness over time, and effects of vehicles' age are summarized in the following.

### **Crash test results**

The aim of new car assessment programs (such as Euro NCAP) is to provide consumer information (in order to increase the sale of safer cars) and incentives for manufacturers to produce safer cars. Traditionally, new car assessment programs focus mainly on crash tests as indicators of crashworthiness. However, aspects of active safety (crash avoidance) are increasingly included in such programs.

Most studies of the relationship between crash test results and real world crash injuries are from the US (US NCAP, IIHS ratings), and some studies are from Europe (Euro NCAP) and Australia (ANCAP). In summary, the results indicate that better crash test results imply about 5% reduced injury severity. The results are however highly heterogeneous and far from all studies found monotonous relationship between crash test results and injury severity.

### **General improvements over time**

The risk of being killed or seriously injured in a car (given the car is involved in a crash) has decreased for crash of later model years, on average by 4.2% per year. This is mainly due to improved crashworthiness. Increased weight has contributed as well. The combined injury risk for own car occupants and collision partners has been found to decrease for cars of later model years. The relationship between model year and injury risk among collision partners has been investigated in only few studies with contradictory results.

None of the studies indicates that the improvement of crashworthiness over time has started to slow down. Although there are limits for the survivability of serious crashes, studies of racing cars show that it is theoretically possible to construct cars in which even crashes at very high speeds can be survived.

### **Types of light vehicles**

Injury risk for own car occupants has consistently been found to decrease with the vehicle's size. Injury risk in collisions is:

- Lower in larger vehicles
- Lower in 4WD cars than in other cars (probably due to size and weight differences)
- Lower in SUVs and pickups than in passenger cars (due to differences in both weight and geometry)
- Lower in heavy trucks and buses than in light vehicles
- The risk in sports cars is in between the risk in small and large passenger cars.

In single vehicle crashes the risk of serious injuries is larger in SUVs and pickups than in passenger cars. These differences are however likely to decrease over time as electronic stability control (ESC) gets more common on these vehicles.

Injury risk for crash partners has been found to increase with the own vehicle's size. Larger passenger cars impose higher risk to crash partners than smaller cars, and SUV and pickups impose higher risk than passenger cars. The differences between passenger cars and SUVs/pickups have decreased over time, partly because of increased compatibility requirements to SUVs and pickups. Heavy trucks and buses impose higher risk to crash partners than light vehicles.

The relationships that have been found between type of vehicle and overall injury risk (for own occupants and collision partners) are somewhat inconsistent between studies. The opposing effects of vehicles crashworthiness and aggressivity (the risk imposed on crash partners) may partly outweigh each other. However, most studies indicate that overall injury risk is somewhat higher for SUVs and pickups than for passenger cars.

### **Cars' age**

Injury risk for own vehicle occupants has been found to be higher in older cars than in newer cars (when controlling for the cars' model year). On average, serious injury risk increases by 2.3% per year.



## Weight

Heavier vehicles provide better protection for their occupants than lighter vehicles. For light vehicles, empirical studies show that increasing weight by 100 kg reduces fatality risk by 7.5% on average in collisions with other light vehicles. The relationship between weight and injury risk is stronger for more serious injuries than for slighter injuries, and has decreased over time. The latter is probably due to general improvements of vehicles' crashworthiness, as well as improved compatibility.

Weight differences between the own vehicle's and crash partner's weight affect injury severity as well. The larger the difference in weight, the larger is also the difference in injury severity. However, in heavier vehicles, the weight of a collision partner affects own injury risk less than in lighter vehicles.

Injury risk among collision partners has been found to increase with the own vehicle's weight. Increasing the own vehicle's weight by 100 kg increases fatality risk among collision partners by 6.6% on average.

Overall injury risk in collisions (for own occupants and collision partners) has been found to decrease with the vehicle's weight. However, the relationship between weight and overall injury risk has decreased over time. In collisions between vehicles of equal weight, increasing the weight of each vehicle by 100 kg has been found to reduce the total number of injuries by 3.7% on average. While this result is based on older studies, a more recent study showed that decreasing average weight in the vehicle fleet would reduce the total number of injuries and fatalities. Results from older studies on the effects of changing the weight distribution in the vehicle fleet are inconsistent.

## Crash compatibility

Crash compatibility refers to the degree to which vehicles protect their own occupants in combination with the risk the vehicle imposes on collision partners. Compatibility depends on the vehicles' geometric properties, weight, and stiffness, amongst other things. In order to maximize compatibility, the impact points on both vehicles in a collision have to be on energy absorbing structures.

Most studies of vehicles' crashworthiness and aggressivity find a negative relationship between these two properties, i.e. better protection for the own vehicle's occupants comes about with higher injury risk for collision partners.

Increased compatibility requirements to SUVs and pickups in USA have been found to reduce injury risk for collision partners by 16% on average. The compatibility between SUVs/pickups and passenger cars depends mainly on the height of the vehicles' front structures and to a lesser degree on the use of energy absorbing materials.

**«Arms race»:** The total number of injuries and fatalities may increase if all drivers choose those vehicles that are safest for themselves because such vehicles for the most part are more aggressive. In order to minimize the total number of injuries and fatalities, all drivers have to choose vehicles that provide a minimum of total injuries/fatalities in crashes. Such vehicles are not necessarily those that will provide maximum safety to their own occupants in crashes with all types of occupants. Thus, the car choice of individual drivers resembles a «prisoners dilemma» in which the outcome of one's own choice depends on the choice of another person.

**Protection of pedestrians and cyclists – car type:** The risk of being killed or seriously injured is at least 50% higher for pedestrians and cyclists hit by a SUV or pickup, than for pedestrians and cyclists hit by a passenger car.

**Protection of pedestrians and cyclists – NCAP pedestrian:** Cars with better results for pedestrian protection in the test program Euro NCAP impose lower risk to pedestrians and cyclists than cars with poor results. Results from empirical studies are however not generalizable because of changes of test criteria over time.

**Protection of pedestrians and cyclists – Pedestrian airbag and pop-up hood:** These measures were found to reduce head injuries among pedestrians and cyclists hit by a car by about one third. However, pop-up hoods may change crash dynamics, resulting in more severe injuries from secondary contact to the ground.

**Bull bars:** Bull bars increase injury risk for collision partners, especially for pedestrians and cyclists hit by the car. However, the effects depend on the characteristics of the cars front (without bull bar) and the degree to which the bull bar consists of energy absorbing materials.

## Electric vehicles

**Crashworthiness:** Electric vehicles have on average somewhat lower scores in Euro NCAP crash tests, compared to other cars in the same categories, and fewer electric vehicles have a total score of five stars. Hybrid vehicles have on average somewhat better test results than other cars.

**Weight:** Electric vehicles are on average about 10-25% heavier than cars with combustion engines within the same categories. Heavier cars have in other studies been found to provide better protection to own car occupants and to increase injury risk among collision partners.

**Electric vehicles and vulnerable road users:** Compared to cars with internal combustion engines, electric vehicles are more often involved in collisions with pedestrians and cyclists, especially on roads with low speed limits and at intersections. The difference in crash involvement may be due to the fact that electric vehicles make less noise than most other vehicles at low speed. However, electric vehicles also drive more in areas with many pedestrians, cyclists, and intersections, than other cars.

**Fire safety:** Batteries in electric vehicles imply potential fire safety problems, but no empirical studies were found that have investigated the fire safety of electric vehicles in real world crashes.

# 1 Innledning

Denne rapporten inneholder utdypende versjoner av fire kapitler fra Trafikksikkerhetshåndboken (TSH) som handler om bilenes passive sikkerhet, samt kapitlet om elbiler:

- 4.16 Bilenes kollisjonssikkerhet
  - Resultater i kollisjonstester
  - Generelle forbedringer av bilenes kollisjonssikkerhet over tid
  - Typer lette kjøretøy
  - Bilenes alder
- 4.19 Bilenes vekt
- 4.22 Kjøretøyenes kompatibilitet ved ulykker (inkludert beskyttelse av fotgjengere og syklister)
- 4.35 Elbiler.

Kortere versjoner av de fire kapitlene er publisert online på <http://tsh.toi.no/>. Rapporten har samme struktur som hvert av kapitlene i Trafikksikkerhetshåndboken, men hvert kapittel i rapporten inneholder informasjon tilhørende alle fire kapitlene.

Hvert kapittel beskriver kort trafikksikkerhetsproblemet som hvert av tiltakene er ment å redusere, gir en oversikt over de enkelte tiltakene og presenterer resultater fra litteraturstudier om **virkinger på ulykkene**. I litteraturstudiene er fokuset mest på empiriske studier som har undersøkt virkninger på eller sammenhenger med ulykker eller skaderisikoen/skadegraden i ulykker. Der det er nødvendig, er informasjon fra slike studier supplert med informasjon fra andre typer studier som bl.a. simuleringer eller analyser av ulykkesstatistikk. Der det er mulig, er resultatene oppsummert med hjelp av metaanalyse (jf. Christensen, 2003; Elvik et al., 2009). Også virkninger på fremkommelighet og miljøforhold, samt kostnader, nyttekostnadsvurderinger og det formelle ansvaret for tiltakene er kort beskrevet, men uten at det er gjort omfattende litteraturstudier om disse aspektene.

## 2 Problem og formål

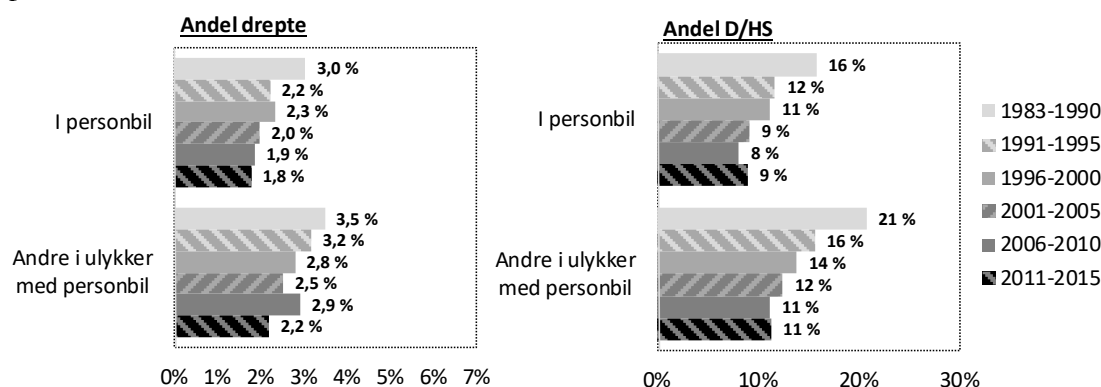
Dette kapitlet gir en kort oversikt over ulykker, drepte og skadde i ulykker med personbiler og tunge kjøretøy, samt skadegraden i slike ulykker. Inndelingen av kapitlet følger inndelingen av kapitlene i TSH.

### 2.1 Kollisjonssikkerhet

Kapitlet i TSH om bilenes kollisjonssikkerhet handler om hvorvidt biler beskytter personer i bilen når denne er innblandet i en ulykke. Formålet med kollisjonssikkerhet er å gi best mulig beskyttelse til personene i bilen. Kollisjonssikkerhet kan imidlertid også ha sammenheng med skaderisikoen kjøretøy påfører andre trafikanter i kollisjoner. Hvorvidt egenskaper ved bilene påvirker andre trafikanter i kollisjoner med personbiler, er beskrevet i kapitlet om kompatibilitet ved ulykker.

Førere og passasjerer i personbiler utgjorde i årene 2011-2015 65% av alle som ble skadet og 54% av alle som ble drept i politirapporterte personskadeulykker i Norge. I Sverige har andelen av alle drepte som ble drept i en personbil, gått ned fra 61% i 2009 til 51% i 2016 (<http://www.trafa.se/vagtrafik/vagtrafikskador/>).

Ulykker med personbiler har blitt mindre alvorlige over tid, både for førere og passasjerer i personbiler og for andre innblandede i ulykker med personbiler. Figur 1 viser hvordan andelen drepte og andelen som er drept eller hard skadd (D/HS) av alle skadde og drepte i ulykker med personbil har utviklet seg over tid i Norge, både for personer i personbiler, for alle øvrige andre innblandede i ulykker med personbiler (dvs. personer i andre kjøretøy eller fotgjengere i kollisjoner med personbiler) og for fotgjengere og syklister i kollisjoner med personbiler.



Figur 1: Utvikling over tid av andelen drepte og D/HS av alle skadde og drepte i ulykker med personbil; personer i personbil og andre i ulykker med personbil (offisiell personskadestatistikk, 1983-2015).

Som figur 1 viser har andelen drepte og D/HS gått betydelig ned over tid. Nedgangen er omtrent like stor blant personene i personbil som blant andre som var innblandet i ulykker med personbil.

Relevante egenskaper ved personbiler som påvirker skadegraden blant personene i bilen ved kollisjoner er bl.a. type bil, vekt, høyde, stivhet, samt detaljutforminger (f.eks. støtfanger, frontrute mv.). Disse er nærmere beskrevet i kapittel 3.

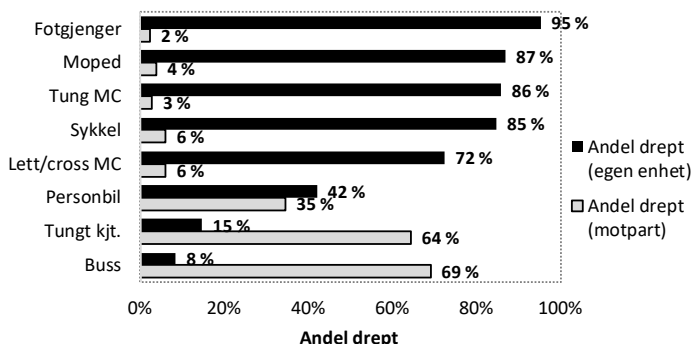
## 2.2 Bilenes vekt

Kapitlet i TSH om bilenes vekt handler om sammenhengen mellom personbilenes vekt og ulykkes- og skaderisikoen for personene i bilen. Bilenes vekt påvirker også bilens aggressivitet, dvs. i hvilken grad bilen påfører andre trafikanter skade ved en kollisjon. Dette er beskrevet i kapitlet om kompatibilitet ved ulykker. Formål med en ev. regulering av bilenes vekt som trafikksikkerhetstiltak kan være å påvirke bilparkens sammensetning mht. vekt for å oppnå lavest mulig skadetall.

## 2.3 Kjøretøyenes kompatibilitet ved ulykker

Kapitlet i TSH om kjøretøyenes kompatibilitet ved ulykker handler om hvorvidt egenskaper ved ulike kjøretøy påvirker skadegraden blant alle innblandede i ulykken.

**Type kjøretøy og skadegrad i ulykken:** Figur 2 viser andelen av alle innblandede i dødsulykker i Norge (2005-2015) i ulike typer kjøretøy / trafikantgrupper som er drept, både i det egne kjøretøyet og blant andre trafikanter som er innblandet i ulykken. Tallene er basert på analyser av Statens vegvesens ulykkesanalysegrupper (UAG). Andelen drepte i det egne kjøretøyet henger nesten monotont sammen med kjøretøyenes vekt, dvs. at jo tyngre kjøretøyet er, desto lavere er andelen som er drept i det egne kjøretøyet. Sammenhengen med andelen drepte hos motparten er omvendt, jo tyngre det egne kjøretøyet er, desto større er andelen hos motparten (i kollisjoner mellom ulike typer kjøretøy) som er drept.



Figur 2: Andelen av alle innblandede i dødsulykker i Norge i 2005-2015 i ulike typer kjøretøy som er drept i det egne kjøretøyet og hos motparten i kollisjoner.

**Egenskaper ved personbiler og skadegrad i ulykken:** I kollisjoner mellom flere personbiler avhenger utfallet ikke bare av bilenes kollisjonssikkerhet, dvs. hvorvidt bilene beskytter personene i bilen, men også av bilenes aggressivitet, dvs. i hvilken grad bilen påfører andre kjøretøy skade. Relevante egenskaper ved bilene er bl.a. type bil, stivhet, høyde og vekt. Det foreligger for lite informasjon i offisiell ulykkesstatistikk om slike egenskaper for å vise sammenhengen med skadegraden i ulykker.

**Fotgjengere og syklister i kollisjoner med personbiler:** I 2011-2015 har det i Norge vært i gjennomsnitt 116 fotgjengere og 81 syklister per år som ble D/HS i vegtrafikkulykker. Blant disse var det over halvparten som ble D/HS i kollisjoner med personbiler (68% blant de D/HS fotgjengerne og 54% blant de D/HS syklistene) og henholdsvis 7% (fotgjengere) og 8% (syklister) som ble D/HS i kollisjoner med tunge kjøretøy (ikke medregnet busser). Skadegraden i kollisjoner mellom et motorkjøretøy og en fotgjenger eller syklist avhenger av ulike faktorer, bl.a.:

- **Egenskaper ved kjøretøyet:** Utformingen av kjøretøyet, især av kjøretøyenes front, har stor betydning for skader kjøretøyet påfører fotgjengere og syklister ved påkjørsler (Ballesteros et al., 2004). Relevante egenskaper er bl.a. støtfangerens høyde og utforming, samt utformingen av motorpanseret, A-søylen og frontruten (euroncap.com; Li et al., 2017). Fotgjengere får som regel de mest alvorlige skadene fra støtdemper og frontrute i kollisjoner med personbiler og fra bilpanseret i kollisjoner med SUVer og pickuper (Longhitano et al., 2005; Roudsari et al., 2005). De mest alvorlige hodeskader får fotgjengere fra kontakt med bilenes frontrute eller A-søyle og mindre fra kontakt med støtdemper eller motorpanser (Mueller et al., 2013). Forskjellen mellom fotgjengere og syklister i kollisjoner med biler er at syklister som regel treffer bilen på et høyere punkt enn fotgjengere (Fredriksson et al., 2015). Farten og fotgjengernes alder har imidlertid vist seg å ha større betydning for skadegraden ved påkjørsler enn bilenes front (Li et al., 2017; Mueller et al., 2013).
- **Fart:** Høyere fart medfører, hvis alt annet er likt, høyere skaderisiko og mer alvorlige skader enn lavere fart. Sammenhengen mellom fart og skaderisiko er undersøkt i en del empiriske studier (jf. Krøyer et al., 2014).
- **Egenskaper ved fotgjengeren/syklisten:** Eldre personer er som regel mer sårbare og får oftere alvorlige skader enn yngre. Slike personegenskaper er imidlertid ikke gjenstand for nærmere undersøkelse her.

## 2.4 Elbiler

I motsetning til biler med forbrenningsmotor har elbiler en elektrisk motor. Tilgjengelighet av en rekke forskjellige modeller og insentiver har i de siste årene medført en stor økning av elbilsalget i Norge. Formålet med elbiler er i hovedsak å redusere forbruk og avhengighet av fossile brennstoffer og å redusere utslipp av CO<sub>2</sub>. Hvorvidt elbiler påvirker trafikksikkerheten er i relativt liten grad empirisk undersøkt og verken offisiell ulykkesstatistikk (personskadeulykker) eller TRAST-registeret (materiellskadeulykker) inneholder informasjon om hvorvidt biler innblandet i ulykker, er elbiler.

## 3 Beskrivelse av tiltakene

### 3.1 Kollisjonssikkerhet

Innebygd kollisjonssikkerhet omfatter en rekke egenskaper ved biler som påvirker sannsynligheten for at fører eller passasjerer vil få alvorlige skader i en ulykke. Alvorlige skader kan oppstå bl.a. som følge av (jf. også Brumbelow & Zuby, 2009):

- **Sammenstøt mellom deler av bilens interiør eller at en person kastes ut av bilen.** Skader kan bl.a. oppstå når en person i bilen treffer rattet, dashbordet, frontruten, A- eller B-søylen (Harms, 1992; Thomas og Bradford, 1995). Utkastelse av bilen medfører ofte meget alvorlige skader og ulykker med utkastelse er blant de mest alvorlige ulykkene (Latifi et al., 2014; Viano & Parenteau, 2010). Slike skader påvirkes og forebygges i hovedsak av bilbelte og kollisjonsputer. Både bilbelter og kollisjonsputer kan også påføre personer i bilen skader som ellers ikke hadde oppstått, disse er imidlertid i gjennomsnitt langt mindre alvorlige enn skadene som forhindres (jf. kapitlene 4.12 og 4.14 i TSH).
- **At fører-/passasjerrommet i bilen blir sammentrykt slik at personer i bilen blir klemt inn:** Når fører-/passasjerrommet i bilen blir trykt inn i en kollisjon, er det langt større sannsynlighet for at noen i bilen omkommer av skadene enn når bilen ikke blir trykt inn (Høye, 2017A). Det er især i sidekollisjoner at bilen ofte blir trykt inn så mye at det er redusert plass for personer i bilen (Farmer & Lund, 2015). I sammenstøt forfra kan (prinsipielt) hele bilens front brukes som støtabsorberende deformasjonssone, uten at plassen for personer i bilen blir redusert. I sidekollisjoner er det langt mindre karosseri som kan deformeres uten at overlevelsrommet i bilen er redusert.
- **Bilens fartsreduksjon i kollisjonen:** Større fartsreduksjoner i kollisjoner medfører større risiko for at personer i bilen får alvorlige skader. Fartsreduksjoner kan i en viss grad bli dempet av at bilen absorberer noe av kollisjonsenergien. Likevel kan bilen i kollisjoner med høy fart ikke absorbere all energi og det finnes grenser for hvor store fartsreduksjoner den menneskelige kroppen kan tåle (Shanahan, 2004; Wood et al., 2007).
- **Inntrenging av gjenstander i bilen:** I kollisjoner med andre kjøretøy kan deler av det andre kjøretøyet trenge inn i bilen og dermed redusere overlevelsrommet for personene i bilen (Augenstein et al., 2005). Dette har sammenheng med kjøretøyenes kompatibilitet og er diskutert i de respektive avsnittene. I enkelte tilfeller kan andre gjenstander trenge inn i bilen og påføre personene i bilen skader, men slike ulykker er trolig meget sjeldne. I fartsrelaterte dødsulykker med personbil i Norge i 2011-2015 var det to av 107 ulykker hvor en farlig gjenstand (i begge tilfellene deler av et annet kjøretøy) hadde trengt inn i bilen og påført en person i bilen dødelige skader (Høye, 2017A).

Hvor mye krefter en bil kan absorbere i et sammenstøt og hvor mye plass som blir igjen når bilen blir deformert i et sammenstøt, er avhengig av karosseriets konstruksjon. Ideelt sett vil karosseriet absorbere så mye krefter at personene i bilen ikke utsettes for krefter som den menneskelige kroppen ikke tåler, samtidig som det gjenstår tilstrekkelig overlevelsrom og at bilen beskytter passasjerene mot inntrengende gjenstander.

Virkningene på ulykkesinnblanding eller skadegraden i ulykker er undersøkt for de følgende egenskaper ved personbiler: Testresultater i kollisjonstester, generelle forbedringer av bilenes kollisjonssikkerhet over tid, ulike typer lette kjøretøy, og andre egenskaper ved biler.

## Kollisjonstester

I kollisjonstester måler man på standardiserte dukker i biler som utsettes for ulike typer sammenstøt, hvor store krefter som virker på fører og passasjerer. Formål med kollisjonstester er (Keall & Newstead, 2016):

- Kundeinformasjon, for å øke salget av de sikreste bilene (gode testresultater brukes som salgsargument)
- Incentiv for bilprodusentene for å produsere sikrere biler (produsentene forsøker å oppnå best mulige resultater).

Flere studier viser at testprogrammer med kollisjonstester fører til at biler i stor grad blir tilpasset testene for å oppnå best mulige testresultater (Adminaite et al., 2016; Park et al., 2015).

I Europa må alle nye biler oppfylle en rekke sikkerhetskrav. I tillegg blir mange biler siden 1997 på frivillig basis testet av Euro NCAP (European NCAP). Egenskaper ved bilenes innebygd kollisjonssikkerhet som testes i Euro NCAP er (for detaljerte beskrivelser se euroncap.com):

- **Beskyttelse av voksne førere / passasjerer:** Beskyttelse i frontkollisjoner (to tester, endret i 2015) og i sidekollisjoner (to tester, endret i 2015). Hvorvidt bilen har automatisk nødbrems som fungerer ved fat mellom 10 og 50 km/t inngår også i denne vurderingen (siden 2014), selv om et slikt system i hovedsak beskytter personer i forankjørende biler. En vurdering av hvorvidt bilens seter og hodestøtter beskytter mot **nakkeslengskader** inngår også i vurderingen (siden 2009).
- **Beskyttelse av barn i bilen:** Beskyttelse av barn i front- og sidekollisjon; mulighet for å installere barnesete med Isofix / i-Size, informasjon om og mulighet for å koble ut kollisjonsputer og mulighet for lett og feilfri installering av barneseter (siden 2003, endret i 2016; jf. kapittel 4.13).
- **Beskyttelse av fotgjengere:** Beskyttelse av fotgjenger (voksne og barn) ved påkjørsel med bilens front (hode, lår, skinnebein), samt om bilen har automatisk nødbrems for fotgjengere (siden 1997; endret i 2013).
- **«Safety assist»:** Hvorvidt bilen har de følgende aktive sikkerhetssystemene:
  - Elektronisk stabilitetskontroll (siden 2009, utgår i 2016; jf. kapittel 4.29 i TSH)
  - Bilbeltevarsler (siden 2002; jf. kapittel 4.12 i TSH)
  - Speed assistance på tre nivåer: Fartsgrenseinformasjon, varslende system, tvingende system (siden 2009, endret i 2013; jf. kapittel 4.34 i TSH)
  - Automatisk nødbrems ved fart 30-80 km/t (siden 2014; jf. kapittel 4.18 i TSH)
  - Feltskiftevarsler (siden 2014, endret i 2016; jf. kapittel 4.32 i TSH).

Hver bil får en prosentvurdering av hver av disse fire egenskapene og en totalvurdering på opptil fem stjerner. I tillegg kan biler få «rewards» for spesifikke sikkerhetstiltak som bl.a. blindsonerevarsler, filskifteassistent, oppmerksomhetsvarsling og automatisk ulykkesvarsling. Før 2009 fikk bilene en stjernevurdering (en til fem stjerner) for beskyttelse av voksne førere og passasjerer, en stjernevurdering (en til fem stjerner) for beskyttelse av barn (siden 2003) og en stjernevurdering (en til fire stjerner) for beskyttelse av fotgjengere.



Vurderingene i Euro NCAP er over tid flere ganger blitt utvidet med flere tester og kriterier, og kriteriene er i enkelte tester blitt strengere. Dette er gjort for å ta hensyn til at bilene blir stadig sikrere og får mer avansert sikkerhetsutstyr. Etter kriteriene som ble brukt av Euro NCAP i 1997 ville i dag trolig alle bilene få fem stjerner og dermed ville vurderingene ikke lenger inneholde noe informasjon som gjør det mulig å sammenligne biler. Et problem med endringene er at resultatene ikke uten videre kan sammenlignet over tid. En bil fra 2016 med fire stjerner er f.eks. ikke nødvendigvis mindre sikker enn en bil med fem stjerner fra 2006.

Kravene for å få stjerner av Euro NCAP er betydelig strengere enn minstekravene for å få biler godkjent. En bil som bare oppfyller minstekravene som stilles av EU, ville få null Euro NCAP stjerner (Adminaite et al., 2016).

Kollisjonstestprogrammer finnes også i flere andre land: Australia (ANCAP), USA (US NCAP og US IIHS), Latinamerika (LatinNCAP), Japan (JNCAP), Korea (KNCAP) og China (CNCAP) (Pereira & Callaghan, 2013).

I **USA** har NHTSA i 1978 startet testprogrammet US NCAP og begynt å teste kollisjonssikkerhet i frontkollisjoner (<https://www.nhtsa.gov/ratings>). Siden 1993 benyttes testresultatene målrettet i kundeinformasjon (siden 2004 på [Safercar.gov](http://Safercar.gov)). Testene ble etter hvert utvidet til å omfatte også sidekollisjonstester (siden 1996) og rollover (etter 2000). Anbefalinger om spesifikke sikkerhetssystemer ble inkludert siden 2010: Feltskiftevarsler, kollisjonsvarsling, automatisk nødbrems og ryggekameraer. Siden 2006 må alle nye bilene ha testresultatet (antall stjerner) på et klistremerke i vinduet.

I **Australia** finnes et testprogram for personbiler som selges i Australia og New Zealand siden 1993 (Australian NCAP, ANCAP). I dette programmet får biler en totalvurdering på 1-5 stjerner. Faktorer som inngår i vurderingen er resultatene fra front- og sidekollisjonstester, beskyttelse av fotgjengere ved påkjørsler, beskyttelse mot nakkeslengskader, samt hvorvidt bilen har antiskrenssystem, beltepåminnere, automatisk nødbrems, sidekollisjonsputer og festepunkter for barneseter.

### **Generelle forbedringer av bilenes kollisjonssikkerhet over tid**

I løpet av de siste tiårene er bilenes kollisjonssikkerhet generelt blitt forbedret. Dette skjedde i stor grad i forbindelse med kollisjonstester, samt utviklingen av strengere kriterier i kollisjonstestene for å få gode testresultater (jf. forrige avsnitt). I tillegg til studiene som har undersøkt sammenhengen mellom resultatene i kollisjonstester og skadegraden i ulykker (se forrige avsnitt), finnes en del studier som har undersøkt den generelle utviklingen av skadegraden i ulykker med personbiler over tid, eller sammenhengen mellom bilenes modellår (eller registreringsår) og ulykkesrisiko eller skadegraden i ulykker. Slike studier tar utgangspunkt i hypotesen om at nyere biler i gjennomsnitt er sikrere enn eldre biler.

### **Typer lette kjøretøy**

Med lette kjøretøy menes her alle motorkjøretøy med en tillatt totalvekt på under 3,5 tonn, unntatt motorsykler, mopeder, all-terrain vehicles (ATV) og lignende. Mange empiriske studier (hvorav de fleste er amerikanske) skiller mellom:

- **Personbiler:** Vanlige personbiler i ulike størrelser, både sedan og stasjonsvogn. Blant personbilene skiller det ofte mellom ulike typer som f.eks. supermini, små og store familiebiler og sportsbiler.

- **SUVer og pickuper (Light truck vehicles, LTVer):** «Light duty vehicles» (eller «light duty trucks») er i USA definert som «alle motorkjøretøy som har en tillatt totalvekt på maksimalt 3.855 kg og som er (1) ment primært for godstransport, eller derivert fra et slikt kjøretøy, (2) ment primært for persontransport og har kapasitet for mer enn 12 personer, eller (3) har spesielle egenskaper som gjør det mulig å kjøre i terrenget» (wikipedia.com). Denne gruppen omfatter pickuper og sports utility vehicles (SUVer).
- **Vans:** En van er et lite eller mellomstort kjøretøy (mindre/lettere enn en lastebil) med bare én rad med seter foran og lasterom bak.

Inndelingene i personbiler, LTVer og vans er kun i begrenset grad overførbar mellom ulike land. F.eks. finnes i Norge og resten av Europa mange små SUVer som i USA trolig hadde vært kategorisert som personbil da de ikke er bygd på en pickup- (dvs. lett lastebil-) plattform.

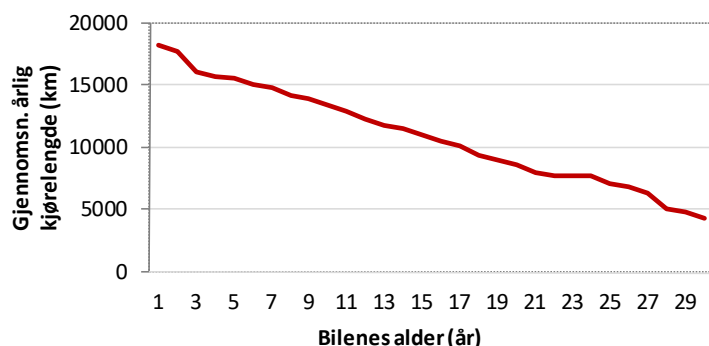
SUVer har i USA fått stor utbredelse i løpet av de siste årene. Andelen av alle nye lette kjøretøy som ble solgt i USA som er SUVer, har økt fra 1,7% i 1980 til 26,3% i 2005. Andelen pickuper har vært på omtrent 13-16% i hele perioden 1980-2005. Andelen vans har økt fra 2,0% i 1980 til 10% i 1990 og har deretter vært på omtrent uendret nivå (7,9% i 2005) (Anderson, 2008). Hvilken andel av alle lette kjøretøy i Norge som er SUVer, pickuper og vans, er ikke kjent.

## Bilenes alder

Bilenes alder betyr antall år som har gått siden bilen ble registrert for første gang. Alderen må ikke forveksles med registreringsår eller modellår. Biler i ulike aldre blir som regel kjørt både av andre førere og med ulike årlige kjørelengder.

**Førerens alder:** McCartt & Teoh (2014) viser at unge førere som er drept i ulykker i USA, langt oftere enn middelaldrende førere hadde kjørt gamle biler (82% hadde kjørt biler som var over fem år gamle og 48% hadde kjørt biler som var over 10 år gamle). Unge førere hadde i denne studien også oftere enn andre kjørt små biler.

**Årlig kjørelengde:** Eldre biler kjøres i gjennomsnitt mindre enn nyere biler. Dette viser analyser av norske data om bilbestanden og kjørelengder (Fridstrøm & Østli, 2016; figur 3). I en amerikansk studie ble det funnet lignende sammenhenger mellom bilenes alder og årlig kjørelengde, både for personbiler og for LTVer (Glassbrenner, 2012; Puckett & Kindelberger, 2016; begge fra USA).



Figur 3: Sammenhengen mellom bilenes alder og gjennomsnittlig årlig kjørelengde (basert på informasjon fra BIG-modellen, Fridstrøm & Østli, 2016).

## **Andre egenskaper ved biler**

Det blir ofte gjort flere forbedringer av bilenes kollisjonssikkerhet samtidig. Det er derfor vanskelig å evaluere virkningen av enkelte faktorer ved bilene. Enkelte faktorer som antas å påvirke skadenes alvorlighet i ulykker og som er blitt undersøkt i eldre empiriske studier, er bl.a. ettergivende rattstamme, laminert frontrute, bedre innfesting av frontruten, polstring og endret plassering av instrumentpanel, hodestøtter, sikrere dørlåser, avstivingsbjelker i dørene og avstiving av taket.

## **Kollisjonssikkerhet og føreratferd**

Hvorvidt førere og passasjerer i biler blir skadd i ulykker avhenger ikke bare av bilenes kollisjonssikkerhet, men også bl.a. av bilenes aktive sikkerhet samt førernes atferd. Med aktiv sikkerhet menes tiltak som f.eks. antiskrens og automatisk nødbrems som reduserer sannsynligheten for at bilen blir innblandet i en ulykke. Slike tiltak er beskrevet i andre kapitler i TSH.

Førerens atferd kan påvirke både risikoen for ulykker og skadegraden i ulykker. F.eks. medfører høyere fart, hvis alt annet er lik, både høyere ulykkesrisiko og mer alvorlige ulykker (Elvik, 2013). Når føreren er uoppmerksom, kan dette også medføre høyere ulykkesrisiko og mer alvorlige ulykker (Sagberg & Sundfør, 2016). Når bilene blir sikrere kan dette føre til at førere endrer sin atferd og f.eks. kjører fortere, noe som helt eller delvis kan oppveie den ulykkes- eller skadereduserende effekten av tiltakene. Slik atferdstilpasning er i hovedsak undersøkt i forbindelse med bilenes aktive sikkerhet, men kan også forekomme som følge av forbedret kollisjonssikkerhet (Sobel & Nesbit, 2007). I tillegg kan det være forskjeller mellom førere som kjøper ulike typer biler. Eksempelvis har en eldre fransk studie vist at en av de mest vanlige grunnene for å kjøpe en bli med kufanger er å kunne kjøre mer aggressivt (Page et al., 1984).

## **3.2 Bilenes vekt**

Bilenes vekt kan måles på ulike måter. «Curb weight» betegner vekten til bilen med alt nødvendig utstyr samt alle de nødvendige væskene, inkludert en full tank, men uten verken fører, passasjerer eller last. I Europa regnes førerens vekt (75 kg) som regel med når bilenes vekt oppgis. En annen definisjon for bilenes vekt er «gross vehicle mass» (GVM) som betegner den maksimalt tillatte totalvekten, med alt av nødvendig utstyr, væsker (inkl. full tank), fører, passasjerer og last, som er oppgitt av produsenten, men uten ev. tilhenger.

I Norge har gjennomsnittsvekten til personbiler økt over tid fra 1128 kg i 2001 til 1324 kg i 2010 og 1409 kg i 2016. Blant nye bilene har andelen som veier under 1000 kg gått ned fra 9% i 2002 til 3% i 2016, samtidig som andelen som veier over 1400 kg har økt fra 32% i 2002 til 64% i 2016. Det er også en sammenheng mellom bilenes alder og vekt. I 2016 veide de nyeste bilene i gjennomsnitt 1485 kg, over 12 år gamle biler veide i gjennomsnitt under 1400 kg, mens biler som er 15-30 år i gjennomsnitt veide ca. 1300 kg uten noen klar sammenheng med alderen. De eldste bilene (over 30 år) veide i gjennomsnitt 1197 kg. Vektene er beregnet med data fra BIG-modellen (Fridstrøm & Østli, 2016).

Bilenes vekt kan **påvirke skadegraden** i ulykker på ulike måter, i hovedsak ved at tyngre biler kan påføre andre trafikantene større skade enn lettere biler (hvis alt annet er likt). Flere studier har kommet fram til at sammenhengen mellom kjøretøyers vekt og personskaderisiko i kollisjoner kan betraktes som lovmessighet, når andre faktorer er like (Campbell & Reinfurt, 1973; Negri & Riley, 1974; Grime & Hutchinson, 1979; Evans, 1990; van Kampen, 2000; Kahane, 2003; Summers et al., 2003; Broughton, 2008): Jo tyngre kjøretøyet er, desto bedre er personer i bilen beskyttet og desto større er risikoen for alvorlige skader i andre kjøretøy ved en kollisjon.

En viktig faktor for å forklare sammenhengen mellom kjøretøyenes vekt og skaderisiko er fartsendringen i en kollisjon. I en frontkollisjon mellom to biler er den relative fartsendringen (delta-V) teoretisk omvendt proporsjonal med vektforholdet mellom kjøretøyene (Harms, 1992; Evans, 1994). Når to kjøretøy, ett på 20 tonn og ett på 2 tonn, som begge holder en fart på 80 km/t frontkolliderer, er summen av fartsendringene for begge kjøretøyene 160 km/t (80 + 80 km/t). Fartsendringen er imidlertid ikke likt fordelt på kjøretøyene, for det tunge kjøretøyet blir fartsendringen kun 14,5 km/t, mens fartsendringen for det lette kjøretøyet blir på 145,5 km/t. Sannsynligheten for (alvorlige) personskader er dermed betydelig høyere i det lette kjøretøyet.

I tillegg har kjøretøyenes vekt sammenheng med en rekke andre faktorer som også har sammenheng med skaderisikoen. Bl.a. er lettere kjøretøy ofte også mindre og lavere enn tyngre (Abdel-Aty & Abdelwahab, 2004; jf. avsnitt 3.3).

**Tiltak** som kan være aktuelle for å regulere bilers vekt omfatter:

- Forbrukerinformasjon om sammenhengen mellom bilens vekt og skaderisikoen for personer i bilen og andre personer i kollisjoner med bilen
- Avgiftsregulering med sikte på å optimalisere vektfordelingen i en kjøretøybestand
- Forbud mot bruk av biler under eller over en gitt vekt.

Et formål med en eventuell regulering av bilers vekt (som trafikksikkerhetstiltak) kan være å påvirke bilbestandens fordeling etter vekt slik at det totale antallet skadde personer i trafikken blir lavest mulig ved et gitt antall biler og en gitt ulykkesrisiko per kjørt kilometer.

Vekten har sammenheng med en rekke andre egenskaper ved biler som har betydning for personskader, både i den egne og den andre bilen i en kollisjon, bl.a. type kjøretøy, høyde, stivhet og stabilitet (jf. avsnitt 3.1). For eksempel må tyngre biler ha stivere fronter enn lettere biler for å oppfylle kravene som stilles i kollisjonstester (Mukul et al., 2003). Paine et al. (2013) viser at det er en sammenheng mellom bilenes vekt og kollisjonssikkerhet. Når bilmodeller forbedres for å oppnå bedre kollisjonssikkerhet, medfører dette at gjennomsnittsvekten også øker.

### 3.3 Kjøretøyenes kompatibilitet ved ulykker

Med kompatibilitet menes kjøretøyenes evne til å beskytte fører og passasjerer i det aktuelle kjøretøyet og andre trafikanter som er innblandet i en kollisjon med det aktuelle kjøretøyet (Abdel-Aty & Abdelwahab, 2004; van Kampen, 2000). Jo mer compatible to kjøretøy er, desto mindre vil skadegraden i ulykken være, hvis alt annet er likt. Kjøretøyenes kompatibilitet avhenger bl.a. av vekten, høyden og stivheten. I tillegg kan detaljutforminger som f.eks. støtdempere påvirke kompatibiliteten. For å være mest mulig compatible, må begge kjøretøyene bl.a. være utformet slik at det andre kjøretøyet i hovedsak treffer de energiabsorberende delene på kjøretøyet.

Kompatibilitet har sammenheng både med kjøretøyenes kollisjonssikkerhet og aggressivitet (Abdel-Aty & Abdelwahab, 2004).

- **Kollisjonssikkerhet** beskriver i hvilken grad et kjøretøy beskytter personer i bilen ved en ulykke (se avsnitt 3.1)
- **Aggressivitet** beskriver i hvilken grad et kjøretøy påfører andre kjøretøy eller trafikanter skader i en kollisjon, eller (ifølge Fildes et al., 1993) i hvilken grad et kjøretøy overfører kollisjonsenergi til det andre kjøretøyet, i forhold til kollisjonsenergien kjøretøyet absorberer selv.

Kollisjonssikkerhet og aggressivitet er som regel motsatt korrelert. Jo sikrere biler er for dem som sitter i bilen, desto større er skaderisikoen for andre ved en ulykke (van Kampen, 2000). Testprogrammer for nye biler fokuserer i hovedsak på kollisjonssikkerhet, men tar i økende grad også hensyn til aggressivitet, især beskyttelse av fotgjengere ved påkjørsler.

Formålet med å øke kjøretøyenes kompatibilitet er å redusere skader som påføres alle innblandede i kollisjoner. I motsetning til bilenes kollisjonssikkerhet fokuserer kompatibilitet ved ulykker på skader både på personer i det egne kjøretøyet og på andre trafikanter.

For den enkelte trafikant kan det oppstå et dilemma av typen fangenes dilemma (jf. avsnitt 4.7.3): Hvis alle velger den «sikreste» bilen kan det totale antall personskader være høyere enn hvis alle velger en bil som er mindre sikker for den som kjører bilen (så lenge andre kjører de sikreste bilene), men som påfører andre trafikanter færre skader. For å få det lavest mulige totale antall personskader måtte alle velge en bil som reduserer skaderisikoen for den som kjører bilen kun hvis også alle andre velger en slik bil framfor en bil som gir mest mulig beskyttelse kun til den som kjører bilen (på bekostning av økt skaderisiko for andre).

Ulike faktorer som påvirker kjøretøyenes kompatibilitet ved ulykker er: Geometrisk kompatibilitet, vekt, stivhet, type kjøretøy, tiltak for beskyttelse av fotgjengere og syklister, samt noen andre tiltak

### **Geometrisk kompatibilitet**

Geometrisk kompatibilitet beskriver først og fremst høyden på energiabsorberende deler på kjøretøy. Kjøretøy er kompatible når begge kjøretøy har energiabsorberende deler som er plassert slik at det treffer hverandre i en kollisjon. Hvis ett kjøretøy treffer et annet kjøretøy et sted hvor dette ikke har noen energiabsorberende struktur, sier man at kjøretøyene ikke er kompatible. Dermed er personer i den bilen som er truffet, utsatt for en større skaderisiko enn hvis en energiabsorberende struktur på kjøretøyet hadde blitt truffet.

Ved store høydeforskjeller mellom kjøretøy kan det lavere kjøretøyet (f.eks. en personbil) komme helt eller delvis under et annet kjøretøy (f.eks. en lastebil), slik at kollisjonsenergien ikke kan absorberes av de delene av personbilen som er konstruert til dette formålet. Slike ulykker kalles underkjøringsulykker. I slike ulykker kan hele førerrommet bli knust, noe som i de fleste tilfeller medfører langt mer alvorlige skader enn om underkjøring hadde vært unngått (Baker et al., 2008; Fosser, 1979; Hashemi et al., 2006). Ifølge Braver et al. (1997) er omtrent 50% av alle dødsulykker mellom personbil og lastebil underkjøringsulykker. De mest alvorlige underkjøringsulykker med personbiler er frontkollisjoner. Sidekollisjoner mellom personbil og lastebil er mindre vanlig (Hashemi et al., 2006). Motorsyklister, syklister og fotgjengere er spesielt utsatt for alvorlige skader hvis de havner under en lastebil.

Også mindre høydeforskjeller mellom biler kan medføre økt skadepotensiale (IIHS, 2010). Det mest avgjørende er om støtfangerne er i samme høyde eller ikke. Slike høydeforskjeller finner man ofte mellom (lave) personbiler på den ene siden og (høye) SUVer og pickuper på den andre siden.

Også treffpunktet i kollisjoner av avgjørende for i hvilken grad bilene kan beskytte personer i bilen. F.eks. er kollisjoner hvor fronten til en bil treffer en annen bil i siden, som regel langt mer alvorlige for dem som sitter i bilen som ble truffet i siden. I studien til Farmer (2005) er risikoen for å bli drept 84% lavere i en kollisjon med treffpunkt i fronten enn i en kollisjon med treffpunkt i siden (treffpunktet gjelder den «egne» bilen og kollisjonene er mellom to biler av samme type). I studien til Bédard et al. (2002) er risikoen for at føreren blir drept i en kollisjon, sammenlignet med et treffpunkt i fronten, over dobbelt så stor når bilen blir truffet på førersiden (+126%), men kun omtrent halvparten så stor når bilen blir truffet på passasjersiden (-52%). Forklaringen er at bilenes front kan absorbere langt mer krefter enn bilenes side (Høye, 2017A).

## **Vekt**

Vektforskjeller medfører som regel færre skader for førere / passasjerer i det tyngre kjøretøyet på bekostning av skader hos fører / passasjerer i det lettere kjøretøyet (se avsnitt 2.2).

## **Stivhet**

Stivhet er evnen til å motstå deformasjon (Kahane, 1997). Forskjeller i kjøretøyenes stivhet påvirker kompatibiliteten fordi stivere biler absorberer mindre kollisjonsenergi i en kollisjon med en annen bil enn mer ettergivende biler (Barbat et al., 2005).

Større stivhet kan på den ene siden forhindre at førerrommet blir deformert i en kollisjon og dermed beskytte personer i bilen mot inntrenging i førerrommet. På den andre siden absorberer stivere bildeler kollisjonsenergi i mindre grad enn mindre stive (mer ettergivende) deler. Følgelig øker den delen av kollisjonsenergien som absorberes av personene i bilen, og dermed skaderisikoen for disse personene. I små biler kan det å gjøre bilene stivere likevel gjøre bilene sikrere fordi personer i bilen i større grad er beskyttet mot inntrenging. Små biler har små muligheter for å absorbere kollisjonsenergi og personer er derfor utsatt for skader ved inntrengning i bilen (Mizuno & Kajzer, 2005). Førerrommet er generelt forholdsvis stivt for å forhindre inntrenging, mens bilenes front og deler av bilenes side er mer energiabsorberende og mindre stiv (O'Neill & Kyrychenko, 2004).

Resultater fra kollisjonsforsøk tyder likevel på at geometriske forskjeller mellom biler har større betydning for kompatibiliteten enn både vekt og stivhet (Meyerson & Nolan, 2005; O'Neill & Kyrychenko, 2004).

## **Ulike typer kjøretøy**

Siden kompatibiliteten henger sammen med bl.a. kjøretøyenes geometri, vekt og stivhet finnes det også generelle forskjeller mellom ulike typer kjøretøy som skiller seg på disse faktorene. Eksempelvis er LTVer som regel både høyere, tyngre og stivere enn en gjennomsnittlig personbil (Gabler & Hollowell, 2000). I kollisjoner mellom en bil og en LTV i USA var andelen av alle drepte personer som var fører eller passasjer av personbilen, 81% i studien til Gabler og Hollowell (2000) og 76% i studien til (Mayrose & Jehle, 2002). Typiske skademekanismer i kollisjoner mellom en personbiler og en SUV er:

- I sidekollisjoner: SUVens støtfanger treffer bilen over forsterkningen i døren

- I frontkollisjoner: SUVens støtfanger treffer bilen over bilens støtfanger, noe som fører til at ratt og instrumentpanel i bilen kan bli tykt inn (Acierno et al., 2004).

For å redusere aggressiviteten til SUVer og pickuper har bilprodusenter i USA i 2003 innført nye (frivillige) retningslinjer som skal øke kompatibiliteten mellom SUVer, pickuper og personbiler. Retningslinjene omfatter bl.a. maksimal høyde på de energiabsorberende delene i fronten. For å øke kompatibiliteten av SUVer og pickuper med personbiler blir det ofte montert innretninger under den energiabsorberende delen i fronten til kjøretøyene som er på samme høyde som fronten på en gjennomsnittlig personbil.

*Elbiler* og hvordan disse påvirker ulykkes- og skaderisikoen er beskrevet i egne avsnitt.

## **Beskyttelse av fotgjengere og syklister**

Egenskaper ved kjøretøy som påvirker skadegraden ved påkjørsler av fotgjengere eller syklister og som er undersøkt i empiriske studier er følgende:

**Utforming av bilenes front:** Utformingen av bilenes front lar seg beskrive detaljert med hjelp av bl.a. parameterne som er undersøkt i studien til Li et al. (2017; jf. avsnitt 4.7.4).

Utformingen av bilenes støtfangere har endret seg over tid som følge av EU-reguleringer (Otte & Haasper, 2007). Også som følge av testprogrammer som Euro NCAP er det gjort endringer for å redusere skadepotensialet for fotgjengere ved påkjørsler. De fleste endringene har i hovedsak som formål å beskytte fotgjengere.

**Type bil:** Ulike typer bil medfører ulik skadepotensiale for fotgjengere og syklister. De empiriske studiene fokuserer mest på forskjeller mellom personbiler og LTVer. Forskjeller kan i stor grad forklares med at geometriske forskjeller mellom bilenes front, men også forskjeller i vekt og stivhet kan bidra til forskjellene.

**Kollisjonsputer:** Det finnes ulike typer kollisjonsputer utvendig på biler eller under motorpanseret som kan beskytte fotgjengere ved påkjørsler. Fredriksson et al. (2015) beskriver kollisjonsputer som er montert under motorpanseret og som kan dempe treffet av fotgjengerens hode/overkropp på motorpanseret og frontruten. Pipkorn et al. (2007) beskriver en kollisjonspute for SUVer som er montert i støtdemperen. For sistnevnte tiltak er det ikke funnet empiriske studier av ekte ulykker.

**Pop-up motorpanser:** For å redusere skader, især hodeskader, blant fotgjengere, er det utviklet systemer som kan heve motorpanseret ved påkjørsler av fotgjengere, slik at denne kan absorbere mer kollisjonsenergi. Dette er særlig relevant for biler hvor det er lite plass mellom motorpanseret (som er deformerbart) og motor (som ikke er deformerbart) (Inomata et al., 2009). Det er ikke funnet empiriske studier av ekte ulykker som har evaluert dette tiltaket.

## **Kufanger**

En kufanger (engelsk «bull bar») er en stiv struktur som kan monteres på fronten på en bil eller lastebil. Som navnet antyder skal kufangere i hovedsak beskytte bilen mot skader i kollisjoner med større dyr. Kufangere har ikke som formål å redusere skadegraden hos andre trafikanter i kollisjoner. Europeiske, japanske og koreanske bilprodusenter har inngått en avtale om å slutte å installere rigide kufangere på nye biler fra 2002 (Desapryia et al., 2012). Siden kufangere ofte er ettermontert, påvirker denne avtalen kun en liten andel av kufangerne. Nye reguleringer og fotgjengerbeskyttelse som ble introdusert i Europa og Japan i 2005, antas imidlertid å påvirke produsentene slik at de lager mer «fotgjengervennlige» kufangere (Desapryia et al., 2012).

### **3.4 Elbiler**

I 2016 var 3,7% av alle registrerte personbilene i Norge elbiler og 3,6% var hybridbiler. Elbilene har stort sett de samme egenskapene som andre personbiler i samme størrelse med unntak av redusert rekkevidde og lenger tidsbruk for å fylle energi i bilens batterier. Selv om de fleste elbiler er personbiler i de minste klassene, er gjennomsnittlig vekt til alle registrerte elbilene i Norge i 2016 (1.488 kg) noe høyere enn gjennomsnittlig vekt til alle registrerte personbilene med bensin- eller dieselmotor (1.392 kg). Hybridbiler veier i gjennomsnitt 1.499 kg (vektene er beregnet med data fra BIG-modellen, Fridstrøm & Østli, 2016).

Elbiler har vanligvis Litium-ion batterier som kan lades enten fra en vanlig stikkontakt eller på en hurtigladestasjon. Det finnes i Norge en rekke insentiver for å øke elbilsalget som blant annet avgiftsfritak, gratisparkering og muligheten for å bruke kollektivfelt (Figenbaum & Kolbenstvedt, 2013, 2014, 2015).



## 4 Virkninger på ulykker

### 4.1 Kollisjonssikkerhet: Resultater i kollisjonstester

Resultatene i kollisjonstester er i TSH beskrevet i kapitlet om kollisjonssikkerhet (kapittel 4.16 i TSH). En rekke studier har undersøkt sammenhengen mellom testresultater i kollisjonstester og risikoen for alvorlige eller dødelige skader blant personer i bilen. Resultatene spriker mye mellom studiene, noe som delvis kan forklares med metodiske forskjeller og at studiene har undersøkt effekter i ulike typer ulykker. En sammenlagt effekt er derfor ikke beregnet. Generelt sett finnes det to typer studier som har undersøkt sammenhengen mellom resultater i kollisjonsforsøk:

- Med skaderisikoen i ulykker som ligner på kollisjonsforsøkene
- Med skaderisikoen i ulykker generelt.

Den andre typen studier som undersøker skaderisikoen i ulykker generelt, vil potensielt finne svakere sammenhenger enn studier hvor ulykkene og kollisjonstestene ligner mest mulig på hverandre. Til gjengjeld vil resultatene være mer representative for hvilken effekt bilen vil ha på skaderisikoen totalt sett. Hvorvidt kollisjonstestene er representative for «typiske» ulykker, inngår med andre ord i resultatene av slike studier, men ikke i resultatene av den første typen studier.

#### **Oversikt over studiene**

Tabell 1 viser en oversikt over studier som har undersøkt sammenhengen mellom resultater i kollisjonstester og skadegraden i ulykker. Resultatene er oppsummert i de følgende avsnittene.

Tabell 1: Studier som har undersøkt sammenhengen mellom resultater i kollisjonstester og skader i ulykker generelt (alfabetisk rekkefølge; studier fra 2000 og senere).

	Kollisjonstest	Avhengig variabel	Ulykkesår Modellår	Resultat: Bedre testresultater ...
Diggs et al., 2013 (USA)	US NCAP Testresultater for enkelte kroppsregioner (kun eldre førere)	Skadegrad per kroppsregion Alle ulykker	Ul: 1998-2008 Mod.: 1988-2006	<b>Totalvurdering og hodeskader: Generelt god overensstemmelse</b> mellom predikert og faktisk skadegrad <b>Andre skader: Liten sammenheng</b> (nakkeskader: overestimert; skader på overkropp, hofter, kne: underestimert)
Farmer, 2005 (USA)	IIHS Frontal offset test	Drept Alle ulykker, frontkollisjoner	Ul: 2000-2002 Mod.: 1997-1999	<b>Færre drepte:</b> Større og dels sign. sammenheng i frontkollisjoner enn i alle ulykker (alle forskjeller mellom ulike testresultater i risikoen for å bli drept i alle ulykker er ikke-signifikante)
Figler et al., 2014 (USA)	US NCAP Sidekollisjonstest	Alvorlige skader på overkroppen Alle ulykker	Ul.: 1999-2010 Mod.: 1998-2010	<b>Alvorlige ulykker: Færre alvorlige thoracoabdominal skader</b> <b>Mindre alvorlige ulykker (delta-V &lt; 25 km/t): Ingen sammenheng</b> <b>Alle ulykker:</b> Forskjeller mellom 5 vs. færre stjerner, men små forskjeller mellom 1-4 stjerner
Gaylor et al., 2016 (Tyskland)	Euro NCAP «Test compliance» (det er ikke definert hva dette betyr)	D/HS, skadd Alle ulykker	Ul.: 2000-2015 Mod.: 1985-2015	<b>Alle skadegrader: Færre skader.</b> Større effekt med beltebruk enn uten <b>D/HS: Ingen sammenheng</b> (svært få skader)
Harless & Hoffer, 2007 (USA)	US NCAP / IIHS Frontkollisjonstester	Drept Alle ulykker, frontkollisjoner	Ul.: 1988-2002 Mod.: 1985-2001 (kun biler som er 2-4 år gamle)	<b>Biler: Lavere risiko for å bli drept i alle typer ulykker</b> (ikke monoton sammenheng, ikke sign. når man kun ser på frontkollisjoner, unntatt for 2 vs. 5 stjerner) <b>LTVer: Ingen sammenheng</b> Ingen sammenheng med mindre alvorlige skader
Kullgren et al., 2010 (Sverige)	Euro NCAP Totalvurdering (pre 2009)	Drept; D/HS; skadd Alle ulykker	Ul.: 1995-2008 Mod.: 1992-2008	<b>Drept: Lavere risiko</b> <b>D/HS: Lavere risiko</b> <b>Alle skadegrader: Lavere risiko for 5 vs. færre stjerner; ingen sammenheng for 2-4 stjerner</b>
Lie & Tingvall, 2001 (Sverige)	Euro NCAP Totalvurdering (pre 2009)	D/HS Alle ulykker	Ul.: 1994-2000 Mod.: 1994-2000	<b>D/HS: Lavere risiko</b> <b>Mindre alvorlige skader: Ingen sammenheng</b> (resultater er ikke rapportert)
Metzger et al., 2015 (USA)	US NCAP Front-/sidekollisjonstest	D/HS Alle ulykker, front-/sidekollisjoner	Ul.: 2003-2012 Mod.: 2004-2012	<b>Frontkollisjonstest: Høyere risiko</b> i alle og frontkollisjoner (ikke-sign.) <b>Sidekollisjonstest: Lavere risiko</b> i alle og sidekollisjoner (ikke-sign. i sidekoll., sign. i alle ulykker) Det gis ingen forklaring på resultatene
Mukul et al., 2003 (USA)	US NCAP Totalvurdering	Drept / D/HS Alle ulykker	Ul.: 1995-1999 Mod.: NA	<b>Ingen sammenheng</b>

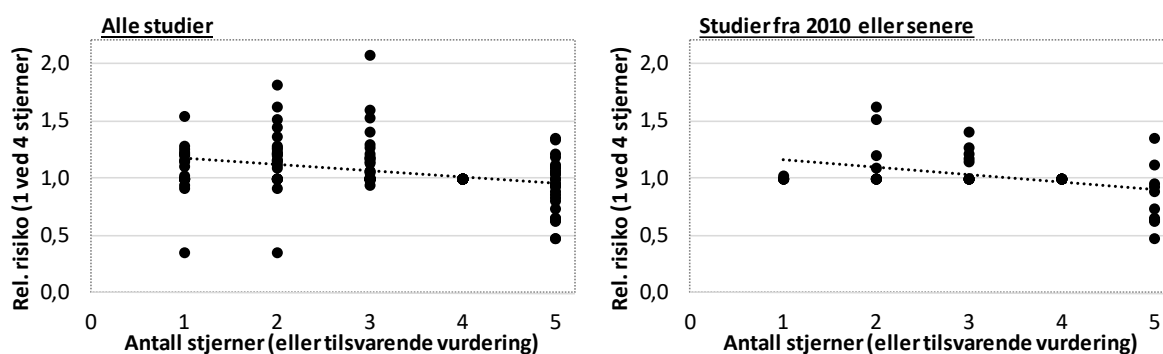
Tabell 1 (forts.)

	Kollisjonstest	Avhengig variabel	Ulykkesår Modellår	Resultat: Bedre testresultater ...
Newstead et al., 2003 (USA)	US NCAP, IIHS Frontkollisjonstest	D/HS Alle ulykker, frontkollisjoner	Ul.: 1995-1997 Mod.: 1992-1997	<b>Hver test for seg: Ingen sammenheng</b> <b>Kombinert testresultat (US NCAP og IIHS front: Færre alvorlige skader)</b>
Newstead & Scully, 2011 (Australia)	ANCAP Totalvurdering	D/HS Alle ulykker	Mod.: 1997-2007	<b>Færre D/HS:</b> Jo flere stjerner desto færre D/HS
Nirula et al., 2004 (USA)	US NCAP Testresultater for hode/overkropp, totalvurdering	Alle ulykker Hodeskader, alvorlige skader på overkroppen	Ul.: 1994-1998 Mod.: -	<b>Ingen sammenheng mellom spesifikke testresultater og tilsvarende skader fra ulykker</b> <b>Ingen sammenheng mellom totalvurdering og risiko for å bli D/HS</b>
Page et al., 2009 (Frankrike)	Euro NCAP Totalvurdering (pre 2009)	D/HS, skadd Alle ulykker	Ul.: 2005-2006 Mod.: 2000-2006	<b>Færre D/HS og færre skadde</b> (stat. sign. forskjell mellom 5 og 4 stjerner; færre stjerner er ikke med i analysen)
Paine et al., 2013 (Australia)	ANCAP Totalvurdering	D/HS Alle ulykker	Mod.: 1992-2010	<b>Færre D/HS.</b> Effekten er størst fra 3 til 5 stjerner. Fra 4 til 5 stjerner har større effekt enn fra 3 til 4 stjerner.
Segui-Gomez et al., 2010 (Storbritannia)	Euro NCAP Totalvurdering (pre 2009)	Drept Alle ulykker	Ul: 1996-2008 Mod.: 1996-2008	<b>Færre drepte:</b> 5% færre drepte i biler med 5 stjerner enn i biler med færre stjerner (ikke sign.) <b>Ingen sammenheng</b> mellom testresultater og skader på enkelte kroppsregioner

## Oversikt over resultatene fra alle studiene

**Alle studiene sett under ett, tyder resultatene på at skaderisikoen synker med omtrent 5% for hver ny stjerne en bil får i en kollisjonstest. Det er imidlertid stor heterogenitet i resultatene.**

Fra de aller fleste studiene foreligger anslag på den relative risikoen for å bli drept, D/HS eller skadd i ulykker (gitt innblanding i en ulykke) for personer i biler med ulike antall stjerner fra kollisjonstester. De fleste kollisjonstester vurderer biler med en til fire eller fem stjerner (vurderingene fra IIHS er «omregnet» til stjernevurderinger). Figur 4 viser en oversikt over resultatene fra alle studiene som er oppsummert i tabell 1 (unntatt studiene til Digges et al., 2013; Gaylor et al., 2010; Mukul et al., 2003). De fleste resultatene gjelder risikoen for å bli drept eller D/HS. Trendlinjen i figuren er basert på de uvektede enkelte datapunktene (dvs. at det ikke er tatt hensyn til hvorvidt resultatene er statistisk signifikante eller hvor mange ulykker og skader resultatene er basert på).



Figur 4: Oversikt over resultatene fra empiriske studier av sammenhengen mellom resultatene i kollisjonstester og skaderisiko i ulykker: Alle resultater fra alle studier og fra studier fra 2010 eller senere år.

Alle resultatene fra alle studiene sett under ett, viser en tendens til at dårligere testresultater medfører høyere skaderisiko. Trendlinjen tyder på at risikoen synker med omtrent 5% for hver stjerne. Også flere eldre studier (som ikke inngår i oversikten i tabell 1 og figur 4) viser at risikoen for å bli D/HS er lavere i biler med bedre testresultater (Zador et al., 1984; Jones & Whitfield, 1988; Kahane, 1994).

Likevel har ikke alle studiene funnet en stor eller monoton sammenheng mellom antall stjerner og skaderisiko. En mulig forklaring er at det i ekte ulykker forekommer langt flere typer kollisjoner og skademekanismer enn i kollisjonstester (Brumbelow & Zuby, 2009). En annen mulig forklaring er metodiske aspekter ved studiene. Harless og Hoffer (2007) fant svakere og mer inkonsistente sammenhenger uten kontroll for forstyrrende variabler enn med kontroll (kontrollen besto av å sammenligne kun biler innenfor enkelte produksjonslinjer). Dette tyder på at de svake sammenhengene som er funnet i andre studier, kan skyldes forskjeller i bl.a. føreratferd i ulike typer biler.

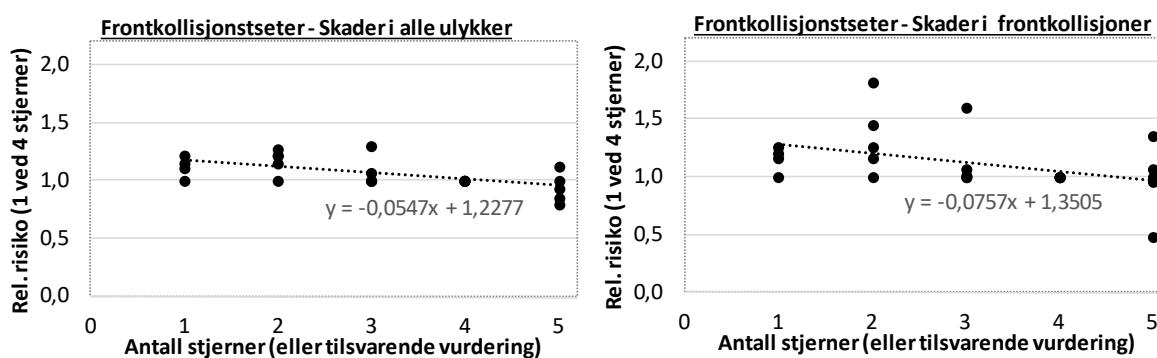
Det er stor variasjon i resultatene. Når man kun ser på studiene fra 2010 eller senere, er trendlinjen omtrent lik som for alle studiene. Dette tyder ikke på at sammenhengen har endret seg vesentlig over tid. Resultatene er imidlertid for heterogene for å konkludere at konklusjonstester ikke er blitt bedre over tid.

En mulig forklaring på at det ikke ble funnet mer konsistente og sterkere sammenhenger mellom testresultater og skader er at kollisjonstestene kun er representative for en relativt liten andel av alle ulykkene

## Ulike typer kollisjoner

**Resultater fra kollisjonstester har større sammenheng med ulykker som ligner på kollisjonstestene (f.eks. frontkollisjonstest – skader i frontkollisjon) enn med skader i ulykker generelt. Forskjellene er imidlertid små.**

Sammenhengen mellom resultatene i kollisjonstester kan tenkes å være større når man sammenligner testresultatene med kollisjoner som ligner på testene enn med alle typer kollisjoner. Figur 5 viser resultatene som gjelder alle typer kollisjoner og frontkollisjoner. Figurene viser kun resultater fra studier i tabell 1 som har oppgitt effekter både for alle og for frontkollisjoner. I alle disse studiene omfatter kollisjonstestene kun frontkollisjonstester.



Figur 5: Oversikt over resultatene fra empiriske studier av sammenhengen mellom resultatene i frontkollisjonstester og skaderisiko i ulykker. Resultater som gjelder alle kollisjoner, frontkollisjoner og sidekollisjoner.

Figur 5 viser at resultatene i **frontkollisjonstester** har større sammenheng med skader i frontkollisjoner enn med skader i alle typer ulykker. Ifølge trendlinjene er den gjennomsnittlige reduksjonen av skaderisikoen per ny stjerne på omtrent 5% for alle ulykker og på 6,6% for frontkollisjoner. Dette er uvektede gjennomsnitt.

Sammenhengen mellom kollisjonstester og skader i sidekollisjoner er undersøkt av Metzger et al. (2015). Resultatene viser at **sidekollisjonstester** (fem vs. fire stjerner) har større sammenheng med risikoen for å bli D/HS i sidekollisjoner (-35%) enn med risikoen for å bli D/HS i en hvilken som helst ulykke (-27%).

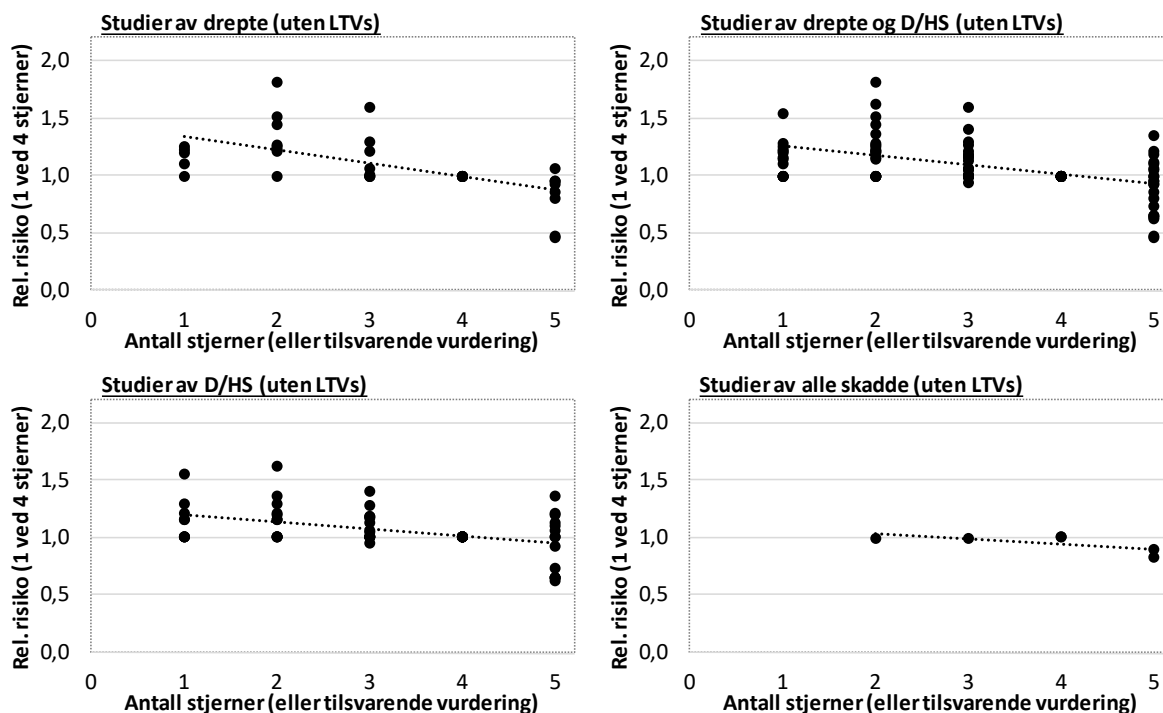
Nirula et al. (2004) har undersøkt sammenhengen mellom kriterier for hodeskader fra kollisjonsforsøk og **hodeskader** i ekte ulykker. Resultatene viser kun en svak sammenheng.

Som resultatene viser har kollisjonstester større sammenheng med ulykker som ligner kollisjonstestene enn med skader i ulykker generelt, men forskjellene er forholdsvis små. Dette kan skyldes at biler som har gode resultater i én type test, trolig ofte også har gode resultater i andre tester.

## Ulykkenes alvorlighetsgrad

**Resultatene tyder på at sammenhengen mellom resultater i kollisjonsforsøk og skaderisiko er større for mer alvorlige skader og i mer alvorlige ulykker enn for mindre alvorlige skader/ulykker.**

Figur 6 viser resultatene fra studier i tabell 1 etter skadegrad. Resultatene for LTVer (basert på studien til Harless & Hoffer, 2007) er utelatt da disse viser svært usystematiske sammenhenger mellom antall stjerner og skader.



Figur 6: Oversikt over resultatene fra empiriske studier av sammenhengen mellom resultatene i kollisjonstester og skaderisiko i ulykker: Resultater for ulike skadegrader (uten resultater for LTV'er).

Resultatene i figur 6 tyder på at sammenhengen mellom testresultater og skader er større for mer alvorlige skader enn for mindre alvorlige skader. Et forbehold er at resultatene for alle skader (nederst t.h. i figuren) er basert på kun to studier og at det er relativt stor variasjon i resultatene også for hver enkel skadegrad. Trendlinjene i resultatene for drepte og D/HS tyder også på at sammenhengen er større for drepte enn for D/HS, selv om forskjellen er liten.

En tendens til **større effekter for mer alvorlige skader** ble også funnet i tre studier som har rapportert resultater for ulike skadegrader (Kullgren et al., 2010; Lie & Tingvall, 2001; Page et al., 2009). Alle tre studiene fant store og statistisk signifikante sammenhenger mellom antall stjerner og risikoen for å bli D/HS og ingen eller små og ikke statistisk signifikante sammenhenger med risikoen for å bli skadd (alle skadegrader). Resultatene i figur 6 er basert på alle studiene som har rapportert relevante resultater, hvorav mange kun har rapportert resultater for én skadegrad, f.eks. kun for antall drepte.

En studie som har undersøkt sammenhengen mellom testresultater og skaderisiko i ulykker med ulik alvorlighetsgrad, har funnet **større effekter i mer alvorlige ulykker**. Dette er studien til Figler et al. (2014) som har undersøkt sammenhengen mellom sidekollisjonstester i US NCAP og risikoen for alvorlige skader på overkroppen («thoracoabdominal injuries»). Alle ulykkene sett under ett, viser resultatene en signifikant forskjell mellom biler med fem vs. fire eller færre stjerner, men ingen sammenheng mellom testresultater og skader for biler med færre enn fem stjerner. Når ulykkene deles inn etter skadegrad (delta-V), viser resultatene signifikante og monotone sammenhenger mellom antall stjerner og skader i de mest alvorlige ulykkene (delta-V over 25 km/t), men ingen sammenheng i mindre alvorlige ulykker.

## Beskyttelse mot nakkeslengskader

*Hvorvidt bilenes sete og hodestøtter beskytter mot nakkeslengskader er vurdert i ulike testprogrammer som alle har vist seg å kunne predikere nakkeslengskader med varige skader.*

Nakkeslengskader oppstår som regel i ulykker med påkjøring bakfra (blant personene i bilen som blir påkjørt bakfra) ved relativt lav fart, som regel under 25 km/t (Krafft et al., 2003). Likevel utgjør nakkeslengskader omtrent halvparten av alle varige skadene etter trafikkulykker (Kullgren et al., 2013). Flere studier har vist at utformingen av bilenes seter og hodestøtter kan redusere nakkeslengskader med 20-50% (jf. Kullgren et al., 2015). Kullgren et al. (2015) viser at testresultatene i både Euro NCAP, JNCAP (japansk testprogram) og IIWPG (International Insurance Whiplash Prevention Group; IIHS, 2008), er signifikante prediktor for varige skader fra nakkesleng.

## Optimering av biler etter testkriteriene

*En mulig utilsiktet virkning av kollisjonstestprogrammer er at bilprodusenter tilpasser bilene for å oppnå best mulig resultater i kollisjonstestene, på bekostning av forbedringer som vil øke sikkerheten i ekte ulykker men ikke i kollisjonstester.*

Kollisjonstestprogrammer som Euro NCAP gir sterke insentiver til bilprodusenter om å optimere bilene for å oppnå best mulig testresultater. En ulempe med dette er at bilene ofte blir optimert kun for veldig spesifikke sammenstøt. Eksempelvis viste IIHS i 2012 at mange biler hadde svært dårlige resultater på en ny test som omfattet en frontkollisjon med liten overlapp. Frontkollisjoner med liten overlapp (under 30% av bilens bredde er en relativt vanlig ulykkesituasjon (Jacobsson, 2013). Eksempelvis er nesten halvparten (48%) av alle personer i personbiler som ble drept i frontkollisjoner i Sverige, drept i kollisjoner med liten overlapp (Lindquist et al., 2004). En amerikansk studie viser at 6,1% av alle D/HS førere og forsetepassasjerer i biler med kollisjonspulser som brukte bilbelte, ble skadd/drept i frontkollisjoner med liten overlapp (Prasad et al., 2014). Forklaringen på de dårlige resultatene i tester med liten overlapp var at bilene var tilpasset eksisterende tester med moderat eller full overlapp ved at fronten var forsterket med støtabsorberende strukturer i midten, men ikke ytterst på sidene (IIHS, 2014). Det finnes også eksempler på at bilprodusenter kun forsterket bilene på førersiden (som ble testen i kollisjonsforsøkene), men ikke på passasjersiden (Adminaite et al., 2016).

## 4.2 Kollisjonssikkerhet: Generelle forbedringer over tid

Generelle forbedringer av bilenes kollisjonssikkerhet er i TSH beskrevet i kapitlet om kollisjonssikkerhet (kapittel 4.16 i TSH). Det er funnet en rekke studier fra forskjellige land som har undersøkt sammenhengen mellom skaderisikoen for personer i biler og bilens modellår:

- Fosser et al., 1999 (Norge)
- Bédard et al., 2002 (Canada)
- Blows et al., 2003 (New Zealand)
- Martin et al., 2003 (Frankrike)
- Yau, 2004 (Hong Kong)
- Broughton, 2008 (Storbritannia)
- Martin & Lenguerrand, 2008 (Frankrike)

Ryb et al., 2009 (USA)  
Méndez et al., 2010 (Spania)  
Hutchinson & Anderson, 2011 (Australia)  
Broughton, 2012 (Storbritannia)  
Glassbrenner, 2012 (USA)  
Kim et al., 2013 (USA)  
Newstead et al., 2014 (Australia)  
Anderson & Searson, 2015 (Australia)  
Ye et al., 2015 (USA)  
Farmer & Lund, 2015 (USA)  
Høye, 2017B (Norge)

De aller fleste studiene har:

- Undersøkt sammenhengen mellom bilenes modellår og risikoen for å bli drept eller for å bli D/HS; kun få studier har undersøkt sammenhengen med risikoen for å bli innblandet i ulykker eller for å bli skadd (alle skadegrader).
- Kontrollert for en rekke forstyrrende variabler som bl.a. førernes alder og kjønn, type bil og bilens vekt.
- Ikke kontrollert for bilenes alder, slik at biler fra tidligere modellår i gjennomsnitt er eldre enn biler fra senere modellår.
- Ikke kontrollert for ulykkesår, dvs. for generelle endringer av trafikksikkerheten over tid. I mange studier er dette imidlertid lite relevant da studiene er basert på ulykker fra kun få år.
- Ikke rapportert tilstrekkelig informasjon for å beregne statistiske vekter. Derfor er det ikke gjort noen metaanalyser. I stedet presenteres resultater fra enkelte studier samt uvektede gjennomsnitt.

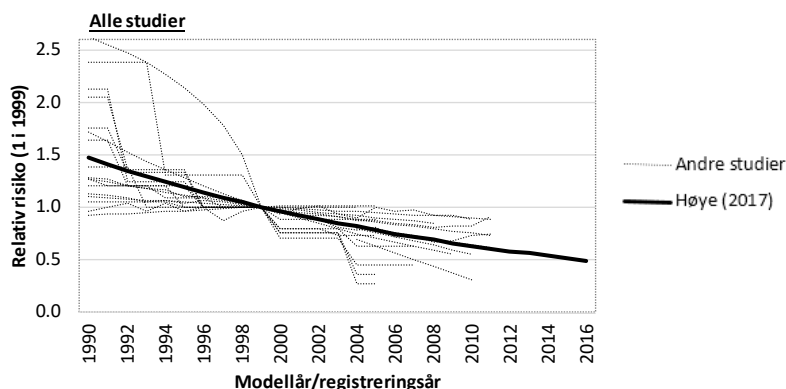
Resultatene er oppsummert i de følgende avsnittene som gjelder sammenhengen mellom bilenes modellår (eller registreringsår) og henholdsvis risikoen i den egne bilen, risikoen for motparten i kollisjoner og samlet skaderisiko for alle partene i kollisjoner.

### **Risiko i den egne bilen**

***Risikoen for å bli D/HS i den egne bilen har gått ned for biler av senere modellår. I gjennomsnitt er nedgangen på 4,2% per år. Risikonedgangen har vært større i kollisjoner enn i eneulykker. Ingen av resultatene tyder på at risikonedgangen har begynt å flate av over tid. Selv om det finnes grenser for hvor kraftige kollisjoner menneskekroppen tåler, viser studier med racing-biler at det teoretisk er mulig å konstruere biler som gjør det mulig å overleve kollisjoner i svært høy hastighet.***

For alle studiene som er listet opp ovenfor, er det beregnet en relativ risiko for modellårene fra 1990-2011, med risikoen for modellår 1999 satt lik én. Figur 7 viser en oversikt over resultatene fra alle studiene. Fra hver studie vises kun resultater for de årene det foreligger data fra.





Figur 7: Sammenhengen mellom bilenes modellår og relativ risiko for personer i bilen (risiko for å bli skadd/drept).

Alt i alt tyder resultatene på at risikoen synker med økende modellår, dvs. at biler fra senere år er sikrere (for dem som sitter i bilen) enn biler fra tidligere år. Når man beregner en trendfunksjon for det uvektede gjennomsnittet av alle resultatene, viser denne at risikoen går ned med **4,2%** per år.

Det er svært stor variasjon i resultatene. Den største andelen av variasjonen skyldes trolig at studiene er svært forskjellige metodisk, bl.a. har studiene brukt ulike definisjoner av den avhengige variabelen, ulike eksponeringsmål, ulike metoder for å kontrollere for forstyrrende variabler og data fra ulike antall år. I det følgende diskuteres noen konkrete faktorer som kan ha bidratt til heterogeniteten.

**Kontroll for ulykkesår:** Når man deler inn studiene i figur 7 etter kontroll for ulykkesår (med vs. uten), er det betydelig større variasjon i de estimerte sammenhengene i studiene med kontroll for ulykkesår enn i studiene uten kontroll for ulykkesår. Studiene *uten kontroll for ulykkesår* finner i gjennomsnitt noe mindre sammenhenger. Slike studier er basert på ulykker fra minst fem, men i de fleste tilfellene langt flere år. Dermed kan bilene fra hvert modellår være innblandet i ulykker i mange ulike år.

Hvor mye generelle endringer over tid (annet enn endringer av bilenes kollisjonssikkerhet) har bidratt til risikonedgangen, er ikke systematisk undersøkt i denne studien. En analyse av faktorer som har bidratt til nedgangen av antall D/HS i Norge i årene 2000-2012 (Høye et al., 2014) viser at sikrere biler har bidratt til 34% av den delen av nedgangen som kan forklares med konkrete tiltak og endringer. Sikrere kjøretøy er det enkelttiltaket som forklarer den største andelen av nedgangen. Av hele nedgangen av antall D/HS (som er beregnet ut fra forventede antall dersom alt annet enn trafikkmengden hadde vært uendret), er det 31% som kan forklares av konkrete faktorer og tiltak.

Ifølge Anderson og Searson (2015) er effekten av generelle endringer over tid liten i forhold til effekten av endringene i bilparken. Studien viser at sikrere biler har medført en nedgang av risikoen for å bli drept i eneulykker på omtrent 12% per år, mens generelle endringer kun har bidratt til en risikonedgang på omtrent 2% per år.

**Ulykkestyper:** Tre av studiene har rapportert resultater for både kollisjoner og eneulykker. Alle tre studiene viser at risikoreduksjonen for biler fra senere modellår har gått mest ned i kollisjoner og mindre eller ikke i det hele tatt i eneulykker (Høye, 2017B; Martin & Lenguerrand, 2008; Méndez et al., 2010). Martin & Lenguerrand (2008) forklarer dette med at eneulykker i gjennomsnitt skjer i høyere fart. Bédard et al. (2002) har funnet en *økning* av risikoen for føreren for å bli drept i eneulykker i biler fra senere modellår (og ikke oppgitt noen resultater for kollisjoner). Broughton (2012) viser at risikonedgangen i kollisjoner har vært større i frontkollisjoner enn i sidekollisjoner.

**Forsete vs. baksetepassasjerer:** Ifølge Durbin et al. (2015) har baksetepassasjerer i biler fra senere modellår høyere risiko for å bli drept (sammenlignet med forsetepassasjerer) enn baksetepassasjerer fra eldre modellår. Dette betyr ikke at risikoen for baksetepassasjerer har økt over tid, men at den ikke har gått ned like mye som for forsetepassasjerer. Dette gjelder når man kontrollerer for passasjerenes alder og kjønn, type bil og ulykkestype. Forklaringen kan være at de største forbedringene til bilenes sikkerhet er gjort for personer i forsetene.

**Hvorfor er risikoen lavere i biler fra senere år?** Den viktigste forklaringer på at biler fra senere år medfører lavere risiko for personene i bilen er trolig at bilene er blitt sikrere (jf. avsnitt 4.1). At bilene er blitt tyngre kan også ha bidratt til lavere risiko. Studiene til Anderson et al. (2013) og Høye (2017B) viser imidlertid at man finner en statistisk signifikant effekt av modellår også når man kontrollerer for bilenes vekt. Dette tyder på at andre endringer trolig i større grad har bidratt til lavere risiko enn økt vekt.

En eldre norsk studie har, i motsetning til alle øvrige studiene, funnet en økning av risikoen over tid (Fosser et al., 1999; studien inngår ikke i resultatene i figur 7). Resultatene er ikke vist i figuren da de siste modellårene er fra før 1990. Forklaringen er ifølge Fosser et al. (2000) at førerne har tilpasset sin atferd til at bilene i utgangspunktet er blitt sikrere, dvs. at førere av nyere biler har en mer risikabel kjørestil. Denne hypotesen er imidlertid ikke empirisk undersøkt av Fosser et al. (2000) og kan ikke bekreftes av noen av de øvrige studiene.

En dansk studie (Rich et al., 2013) har estimert at antall drepte førere i personbiler vil bli redusert med 7% dersom alle biler hadde vært erstattet med ett år nyere biler og at antall drepte ville bli halvert dersom alle biler hadde vært erstattet med nye biler. Resultatene tyder også på at en utskifting av halvparten av bilene som er over 10 år gamle ville ha større effekt enn utskifting av biler som er over 15 eller 20 år (trolig fordi det finnes langt færre eldre biler, samtidig som disse kjøres mindre enn nyere). Det er imidlertid ikke tatt hensyn til at nyere biler også kan påvirke skaderisikoen for motparter i kollisjoner. Sammenhengen mellom modellår og skaderisiko for motparten er diskutert i neste avsnitt.

**Finnes det grenser for hvor sikre biler kan bli?** Resultatene i figur 7 tyder på at den relative risikoen har sunket mest fram til omtrent 2004 og noe mindre etter dette. Det gjenspeiler trolig ikke den faktiske utviklingen, men er et resultat av at ulike studier har rapportert resultater for ulike tidsrom. Studien til Anderson og Searson (2015) viser tvert imot at forbedringen av sikkerheten har akselerert etter 2004. Heller ikke noen av de øvrige studiene konkluderer med at forbedringene av bilenes kollisjonssikkerhet har begynt å flate av.

Hvorvidt ulykker ved en gitt fart og fartsreduksjon er overlembare, avhenger i hovedsak av:

- Bilens deformasjon (om det er overlevelsesrom i bilen)
- Energien fra fartsreduksjonen som overføres fra bilen til personene i bilen (Wood et al., 2007)
- Egenskapene ved personene i bilen (som f.eks. at eldre er mer sårbare enn yngre).

Melvin et al. (2006) viser i biomekaniske analyser av ulykker med Indy cars (bilene i en amerikansk motorsportsserie som ligner på formel 1 biler) at det prinsipielt er mulig å overleve sammenstøt med fartsforskjeller på opptil 112 km/t. Faktorer ved bilene som gjør dette mulig er bl.a. (jf. Bisagni et al., 2005; Savage, 2010; Sørensen, 2014; Ugle et al., 2015):

- Solide overlevelsesrom som ikke knuses i sammenstøt og forhindrer inntrenging av gjenstander (f.eks. deler av en annen bil) i førerrommet
- Utforming av cockpit og utstyr (bl.a. belte og ratt) som gjør det enkelt for føreren å gå ut av bilen på noen få sekunder

- Bruk av spesielle støtabsorberende materialer som tar opp mest mulig av kollisjonsenergien i sammenstøt ved at de på en kontrollert måte knuses og deformeres
- Utforming av seter med avanserte nakke- og hodestøtter og sekspunktbelte, som gjør at førerens kropp og hode er optimalt beskyttet, både mot støt og slengbevegelser, samt hjelm med avanserte sikkerhetskrav
- Gjennomgående bruk av ikke-brennbare materialer, både i bilen og førerens klær og utstyr, samt at ingen drivstoffledninger går gjennom cockpiten og brannslukkingsutstyr.

I tillegg er også banene utformet på en sikrest mulig måte for både førere, tilskuere, teknikere, redningsmannskaper og annet personell, det er alltid avanserte medisinske behandlingsmuligheter samt ambulanshelikopter til stede og førerne er som regel unge og godt trent menn og dermed i utgangspunktet mindre sårbare enn bilførere flest (Ebben & Suchomel, 2012).

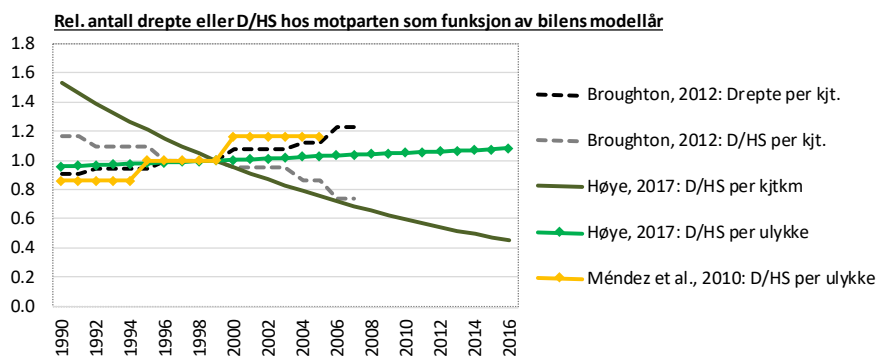
### Risiko for motparten i kollisjoner

**Sammenhengen mellom bilenes modellår og risikoen for motparten i kollisjoner er kun undersøkt i svært få studier og disse viser inkonsistente resultater.**

Det er funnet tre studier som har undersøkt sammenhengen mellom bilenes modellår og risikoen for motparten, dvs. personer i bilen som den egne bilen kolliderer med:

- Méndez et al., 2010 (Spania)
- Broughton, 2012 (Storbritannia)
- Høye, 2017B (Norge)

En oversikt over resultatene er vist i figur 8.



Figur 8: Sammenhengen mellom bilenes registreringsår og relativ risiko for motparten (personer i en bil som den egne bilen kolliderer med), resultater fra to studier med tre estimater.

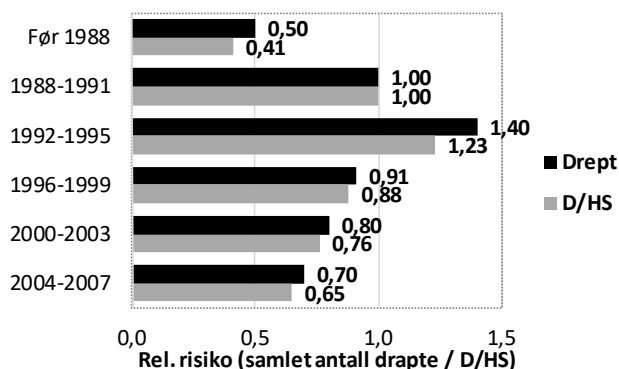
To av resultatene gjelder skadegraden i ulykker (antall D/HS per ulykke). Méndez et al. (2010) viser at biler fra senere modellår medfører høyere skadegrad hos motparten. Høye (2017B) har funnet en sammenheng i samme retning, men uten at resultatene er statistisk signifikante. Méndez et al. (2010) oppgir som mulig forklaring at bilene er blitt tyngre og at biler fra senere modellår kjøres fortere, samt ev. andre forskjeller mellom førerne. I studien til Høye (2017B) er det kontrollert for både bilenes vekt og førernes alder og kjønn. Andre forskjeller mellom førere av biler fra tidligere vs. senere modellår er imidlertid ikke kontrollert for og hvis biler fra senere modellår i gjennomsnitt kjører fortere, kan dette bidra til høyere skadegrad.

Resultatene som gjelder innblandingen i alvorlige ulykker spriker. Resultatene fra Høye (2017B) og Broughton (2012) som gjelder antall D/HS henholdsvis per kjøretøykilometer og per kjøretøy, viser at senere registreringsår medfører færre D/HS hos motparten. Høye (2017B) forklarer dette med de samme faktorene som bidrar til at biler fra senere registreringsår sjeldnere er innblandet i ulykker. Broughton (2012) oppgir ikke noen mulig forklaring på forskjellen mellom resultatene for D/HS og drepte.

### Samlet skaderisiko

*Det er kun funnet én empirisk studie som har undersøkt sammenhengen mellom bilenes modellår og skaderisikoen for alle innblandede i kollisjoner og denne studien viser at innblanding av biler fra senere modellår medfører at færre av de innblandede bli D/HS.*

Hvilken effekt innblanding av biler fra ulike modellår har på det total antall drepte og D/HS i ulykker, er undersøkt av Broughton (2012). Resultatene som er oppsummert i figur 9, viser at det i ulykker med biler fra senere modellår er færre drepte enn i ulykker med biler fra tidligere år. I studien inngår biler fra modellår 1992 og senere. Effekten av bilens modellår er mindre på det samlede antall drepte enn på om føreren av den egne bilen blir drept.



Figur 9: Sammenheng mellom bilenes modellår og relativt antall drepte og D/HS i kollisjoner (egen bil og motpart) (Broughton, 2012).

### 4.3 Kollisjonssikkerhet: Typer lette kjøretøy

Sammenhengen mellom type lett kjøretøy og skaderisikoen i ulykker er i TSH beskrevet i kapitlet om kollisjonssikkerhet (kapittel 4.16). De følgende avsnittene oppsummerer først resultatene som gjelder risikoen i den egne bilen og etterfølgende resultatene som gjelder risikoen for motparten i kollisjoner.

## Risiko i det egne kjøretøyet

*Skaderisikoen synker som regel med bilenes/kjøretøyenes størrelse. Risikoen i kollisjoner er lavere i store biler enn i mindre biler og i store biler er risikoen i mindre grad påvirket av motpartens størrelse og vekt. Risikoen i kollisjoner er også lavere i biler med firehjulstrekk enn i andre biler, lavere i LTVer enn i personbiler, lavere i busser og lastebiler enn i lette kjøretøy, og lavere i europeiske biler enn i amerikanske biler. Risikoen i sportsbiler er høyere enn i en stor bil, men lavere enn i mindre biler. Risikoforskjellen mellom LTVer og personbiler skyldes forskjeller i vekten samt andre forskjeller mellom kjøretøyene. I eneulykker har LTVer høyere risiko for alvorlige skader enn personbiler, men denne forskjellen blir trolig mindre over tid som følge av at stadig flere LTVer har ESC. I velteulykker medfører amerikanske biler lavere skaderisiko enn europeiske biler.*

De følgende studiene har undersøkt sammenhengen mellom type kjøretøy og egenrisiko:

Broughton, 2008 (Storbritannia)

Fredette et al., 2008 (Canada)

Anderson, 2008 (USA)

Ryb et al., 2009 (USA)

Broughton, 2012 (UK)

Li et al., 2012 (USA)

Ossiander et al., 2014 (USA)

Newstead et al., 2014 (USA)

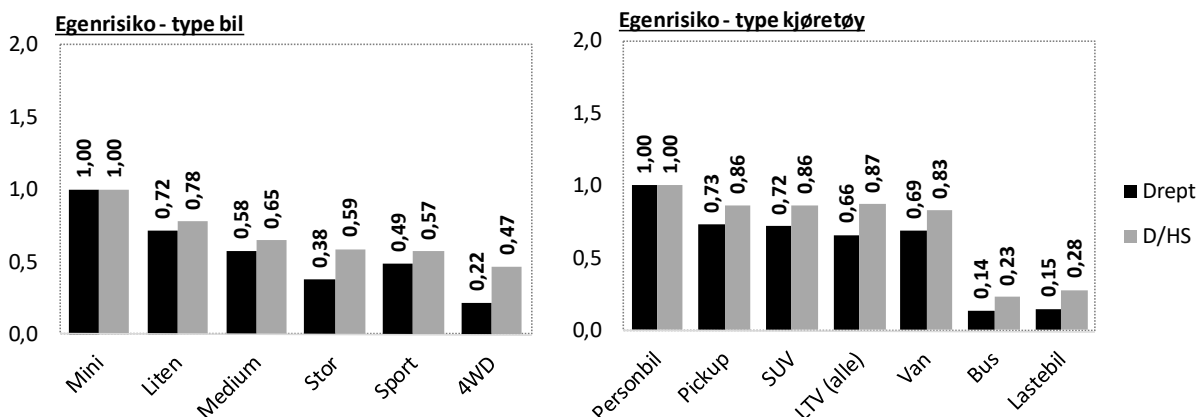
Flannagan et al., 2015 (USA, Sverige, Frankrike, Storbritannia)

Ye et al., 2015 (USA)

Broughton (2008, 2012) og Newstead et al. (2014) har undersøkt forskjeller mellom ulike typer personbil (mini, liten, stor, sportsbil mv.), Flannagan et al. (2015) har sammenlignet europeiske og amerikanske biler, mens de øvrige studiene har undersøkt forskjeller mellom ulike typer kjøretøy (personbiler, SUVer, pickuper mv.). Estimerte effekter av ulike typer bil og kjøretøy på skaderisikoen i den egne bilen er vist i tabell 2. En oversikt over resultatene er også vist i figur 10.

Tabell 2: Effekter av ulike typer personbiler og ulike typer kjøretøy på risikoen for å bli drept og D/HS i den egne bilen (i ulykker med en hvilken som helst motpart). Resultater fra metaanalyse.

	Drept		D/HS	
	Prosent endring	Usikkerhet	Prosent endring	Usikkerhet
<b>Type bil (kollisjoner)</b>				
Mini	(ref.)		(ref.)	
Liten	-28	(-37; -18)	-22	(-26; -18)
Medium	-42	(-50; -33)	-35	(-43; -26)
Stor	-62	(-73; -47)	-41	(-56; -22)
Sport	-51	(-66; -29)	-43	(-49; -36)
4WD	-78	(-84; -70)	-53	(-66; -34)
<b>Type kjøretøy (kollisjoner)</b>				
Personbil	(ref.)		(ref.)	
Bus	-86	(-95; -61)	-77	(-83; -69)
Lastebil	-85	(-89; -80)	-72	(-75; -69)
Pickup	-27	(-35; -18)	-14	(-17; -11)
SUV	-28	(-40; -15)	-14	(-25; -2)
LTV (alle)	-34	(-40; -27)	-13	(-16; -11)
Van	-31	(-41; -20)	-17	(-37; +9)
<b>Type kjøretøy (eneulykker)</b>				
Personbil	(ref.)			
LTV (alle)	+28	(+21; +36)		



Figur 10: Relativ risiko for å bli drept og D/HS i ulike typer personbiler (relativ risiko i mini er satt lik én) og i ulike typer kjøretøy (relativ risiko for personbil er satt lik én), oversikt over resultater fra metaanalyse (statistisk signifikante effekter i fet skrift).

Resultatene i tabell 2 og figur 10 som gjelder ulike typer personbiler viser:

- **Større biler – lavere risiko:** Egenrisikoen i personbiler synker med bilens størrelse og biler med firehjulstrekk har lavere risiko enn øvrige biler.
- **Biler med firehjulstrekk – lavere risiko:** Biler med firehjulstrekk har lavere egenrisiko enn øvrige personbiler. Slike biler er som regel blant de tyngre modellene, noe som kan forklare den lavere risikoen (det er ikke statistisk kontrollert for bilenes vekt). Trolig inngår også SUVer og ev. pickuper i denne kategorien (ikke oppgitt i studiene).
- **Sportsbiler – lavere risiko:** Sportsbilenes egenrisiko ligger mellom store og middelstore personbiler og er dermed lavere enn for de fleste andre bilene.

Resultatene som gjelder ulike typer kjøretøy viser:

- **Større kjøretøy – lavere risiko:** Busser og lastebiler har lavest egenrisiko i kollisjoner.

- **LTVer og vans – lavere risiko i kollisjoner:** SVer og pickuper har lavere egenrisiko i kollisjoner enn personbiler, men høyere risiko enn busser og lastebiler. Resultatet for alle LTVer er ikke gjennomsnittet av resultatene for SVer og pickuper fordi noen studier har oppgitt effekter for alle LTVer uten å skille mellom SUV og pickup.
- **LTVer – høyere risiko i eneulykker:** LTVer har høyere risiko enn personbiler i eneulykker (Anderson, 2008; Li et al., 2012; resultatene inngår ikke i de sammenlagte effektene i figur 10). En mulig forklaring er at LTVer er høyere enn de fleste personbiler og at de derfor har høyere risiko for å velte, noe som i gjennomsnitt medfører høyere skadegrad enn når bilen ikke velter. Siden LTVer i de siste årene i stadig større grad er utstyrt med elektronisk stabilitetskontroll (ESC, antiskrens), kan ulempen i eneulykker ha blitt mindre eller helt utjevnet. Dette fordi ESC reduserer risikoen for velt.

Forskjeller i risikoen mellom ulike typer kjøretøy for personer i kjøretøyet er også undersøkt i en rekke andre studier som ikke inngår i resultatene i tabell 2 og i figur 10. Resultatene fra disse studien lar seg sammenfatte som følgende:

- At egenrisikoen synker med bilenes størrelse, at LTVer har lavere egenrisiko i kollisjoner enn personbiler, samt at tunge lastebiler har lavere egenrisiko enn andre kjøretøy, ble også funnet i flere andre studier (Gayer, 2004; Chen & Kockelman, 2012; Huang et al., 2011; Kockelman & Kweon, 2002; Wenzel & Ross, 2005). Tall om forsikringsutbetalinger som er publisert av IIHS (2016) viser at utbetalingene for materiellskader øker med økende størrelse, mens utbetalingene for personskader synker med økende størrelse. Chen og Kockelman (2012) viser at større kjøretøy (kjøretøy med større «footprint», dvs. større areal mellom hjulene) har redusert egenrisiko især i eneulykker, mens størrelsen har nesten ingen effekt i kollisjoner.
- Forskjellen i egenrisiko mellom personbiler og LTVer skyldes ikke alene vektforskjellen. Fredette et al. (2008) viser at personbiler har høyere egenrisiko i kollisjoner enn SVer og pickuper også når vekten til begge kjøretøyene er lik.
- At høye og tunge biler som regel beskytter bedre enn lave/lette biler i front- og sidekollisjoner, men utgjør en større risiko i velteulykker, ble også funnet i studien til Friedman et al. (2013).
- LTVer har større sannsynlighet for å bli påkjørt bakfra av personbiler (Abdel-Aty & Abdelwahab, 2004). Forklaringen er trolig at LTVer er høyere og hindrer sikten på trafikken foran.

**Betydningen av motpartens størrelse/vekt:** I store biler har motpartens størrelse/vekt mindre betydning for den egne risikoen enn i mindre biler. Mayrose og Jehle (2002) viser at egenrisikoen i personbiler er større i kollisjoner med en stor SUV enn i kollisjoner med en liten SUV, men at forskjellen mellom store og små SVer som motpart er mindre i større biler enn i mindre biler.

**Europeiske vs. amerikanske biler:** Flannagan et al. (2015) har med hjelp av ulike metoder sammenlignet egenrisikoen i europeiske og amerikanske biler. Resultatene viser at europeiske biler:

- Har lavere egenrisiko i front- og sidekollisjoner enn amerikanske biler
- Har høyere egenrisiko i velteulykker enn amerikanske biler.

## Risiko for motparten i kollisjoner

*Skaderisikoen som biler/kjøretøy medfører for motparten i kollisjoner, øker som regel med bilenes/kjøretøyenes størrelse. Større biler og biler med firehjulstrekk medfører større risiko enn mindre biler, og sportsbiler medfører omtrent like stor risiko som en middels stor bil. LTVer, især pickuper, medfører større risiko enn personbiler og risikoforskjellen er størst i sidekollisjoner. Risikoforskjellen mellom LTVer og personbiler er blitt mindre over tid pga. økte krav til kompatibilitet. Busser og lastebiler medfører størst risiko.*

De følgende studiene har undersøkt sammenhengen mellom type kjøretøy og fremmedrisikoen, dvs. skaderisikoen for motparten i en kollisjon:

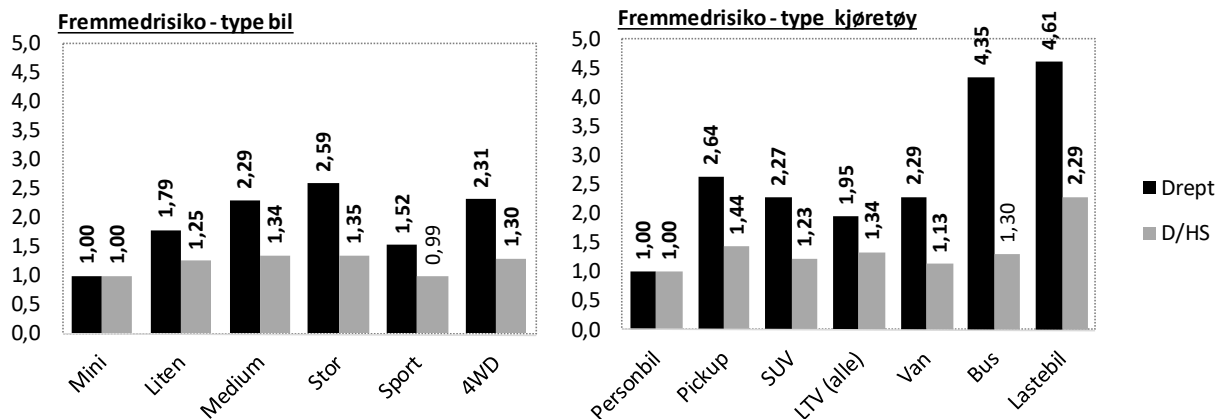
- Austin, 2005 (USA)
- Broughton, 2008 (Storbritannia)
- Fredette et al., 2008 (Canada)
- Anderson, 2008 (USA)
- Broughton, 2012 (Storbritannia)
- Li et al., 2012 (USA)
- Ossiander et al., 2014 (USA)
- Newstead et al., 2014 (USA)

Broughton (2008, 2012) og Newstead et al. (2014) har undersøkt forskjeller mellom ulike typer personbil (mini, liten, stor, sportsbil mv.), mens de øvrige studiene har undersøkt forskjeller mellom ulike typer kjøretøy (personbiler, SUVer, pickuper mv.). Estimerte effekter av ulike typer bil og kjøretøy på fremmedrisiko er vist i tabell 3. En oversikt over resultatene er også vist i figur 11.

Tabell 3: Effekter av ulike typer personbiler og ulike typer kjøretøy på fremmedrisikoen, dvs. motpartens risiko for å bli drept og D/HS. Resultater fra metaanalyse.

	Drept		D/HS	
	Prosent endring	Usikkerhet	Prosent endring	Usikkerhet
<b>Type bil (kollisjoner)</b>				
Mini	(ref.)		(ref.)	
Liten	<b>+79</b>	(+53; +109)	<b>+25</b>	(+20; +30)
Medium	<b>+129</b>	(+94; +170)	<b>+34</b>	(+28; +40)
Stor	<b>+159</b>	(+104; +229)	<b>+35</b>	(+25; +45)
Sport	<b>+52</b>	(+12; +106)	<b>-1</b>	(-10; +9)
4WD	<b>+131</b>	(+89; +182)	<b>+30</b>	(+1; +67)
<b>Type kjøretøy (kollisjoner)</b>				
Personbil	(ref.)		(ref.)	
Bus	<b>+335</b>	(+64; +1054)	<b>+30</b>	(-23; +119)
Lastebil	<b>+361</b>	(+203; +601)	<b>+129</b>	(+87; +180)
Pickup	<b>+164</b>	(+110; +233)	<b>+44</b>	(+7; +94)
SUV	<b>+127</b>	(+94; +166)	<b>+23</b>	(+3; +46)
LTV (alle)	<b>+95</b>	(+53; +147)	<b>+34</b>	(+9; +64)
Van	<b>+129</b>	(+43; +267)	<b>+13</b>	(-2; +31)





Figur 11: Relativ risiko for motparten for å bli drept og D/HS i kollisjoner med ulike typer personbiler (relativ risiko i mini er satt lik én) og i ulike typer kjøretøy (relativ risiko for personbil er satt lik én), oversikt over resultater fra metaanalyse (statistisk signifikante effekter i fet skrift).

Resultatene i tabell 3 og figur 11, som gjelder ulike typer personbiler, viser:

- **Større biler – høyere fremmedrisiko:** Større biler som motpart medfører større risiko enn mindre biler.
- **Biler med firehjulstrekk – høyere fremmedrisiko:** Biler med firehjulstrekk som motpart medfører større risiko enn de fleste andre biler, unntatt de største personbilene. Biler med firehjulstrekk er som regel blant de tyngre modellene, noe som kan forklare den høyere fremmedrisikoen (det er ikke statistisk kontrollert for bilenes vekt).
- **Sportsbiler – middels fremmedrisiko:** Sportsbiler som motpart medfører større risiko for å bli drept enn de minste bilene, men lavere risiko enn de øvrige biltyperne.

Også andre studier viser at større biler medfører større risiko for motparten i kollisjoner. Gabler og Hollowell (1998) viser at de største bilene medfører over dobbelt så stor risiko for motparten som de minste bilene. Wenzel og Ross (2005) viser også at en større motpart medfører større risiko, men i denne studien er forskjeller mellom bilene i ulike størrelser forholdsvis små. Studien viser imidlertid også at sportsbiler medfører større risiko for motparten (+57%) enn de minste bilene.

Resultatene som gjelder ulike typer kjøretøy viser:

- **Større kjøretøy – høyere fremmedrisiko:** De største kjøretøyene (busser og lastebiler) medfører høyest risiko for motparten
- **LTVer og vans – høyere fremmedrisiko:** LTVer og vans medfører høyere risiko for motparten enn personbiler, men lavere risiko enn busser og lastebiler.

At **LTVer medfører større risiko** for motparten, er også funnet i flere andre studier (Gabler & Hollowell, 1998; Huang et al., 2011; Kockelman & Kweon, 2002; Mayrose & Jehle, 2002; Teoh & Nolan, 2012). Studien til Gabler og Hollowell (1998) viser at en stor pickup medfører omtrent dobbelt så stor risiko for motparten i en kollisjon som en stor personbil, og at en liten pickup medfører omtrent dobbelt så stor risiko for motparten i en kollisjon som en middels stor personbil.

Mayrose og Jehle (2002) viser at det i dødsulykker som er kollisjoner mellom en personbil og en SUV, er betydelig høyere risiko for å bli drept i personbilen enn i SUVen. Store SUVer medfører større risiko enn små SUVer, og risikøkningen er større i små biler enn i store biler.

Flere studier viser at risikoforskjellen mellom SUVer og personbiler ikke kun skyldes vektforskjeller men også andre forskjeller mellom kjøretøyene. I studiene til Mayrose og Jehle (2002) og Fredette et al. (2008) er risikoen i kollisjoner mellom en personbil og en LTV høyere i personbilen enn i LTVen også når begge kjøretøyene har omtrent samme vekt.

Risikoforskjellen mellom SUVer og personbiler er større i **sidekollisjoner** enn i frontkollisjoner. O'Neill og Kyrychenko (2004) viser at risikoforskjellen mellom en SUV og en personbil som motpart er på 25% i frontkollisjoner og på 104% i sidekollisjoner. Dette gjelder for personer i personbiler som er henholdsvis innblandet i en frontkollisjon med en SUV og i en sidekollisjon hvor SUVen kjører på personbilen. Kjøretøyenes vekt er kontrollert for, dvs. at risikoforskjellen skyldes andre faktorer som bl.a. at SUVer er høyere og stivere enn personbiler.

Flere studier viser at **pickuper medfører større risiko for motparten enn SUVer** (Joksch, 1999; O'Neill og Kyrychenko, 2004). Mulige forklaringer er at pickuper i gjennomsnitt er tyngre enn SUVer og at de oftere kjører med tung last. Pickuper kjører også i større grad enn SUVer på landeveger og er derfor oftere involvert i møteulykker ved høy fart (O'Neill og Kyrychenko, 2004).

Studien til Teoh og Nolan (2012) viser at risikoforskjellen for motparten mellom LTVer og personbiler på den andre siden er blitt betydelig **mindre over tid** (fra 2000-2001 til 2008-2009). Forklaringen er trolig at det i de senere årene er stillet strengere krav til utformingen av LTVer mht. kompatibilitet med personbiler (jf. avsnitt 4.7.2).

## Samlet risiko

***Hvorvidt den samlede skaderisikoen er forskjellig for ulike typer personbil, spriker mellom ulike studier, trolig fordi de motsatte effektene av bilenes størrelse på egen- og fremmedrisiko omtrent oppveier hverandre. De fleste empiriske studiene viser at LTVer medfører høyere samlet skaderisiko enn personbiler og at pickuper medfører større samlet skaderisiko enn SUVer. Dette gjelder i enkelte kollisjoner, men også i bilparken som helhet når man ser på både kollisjoner og eneulykker.***

Sammenhengen mellom type kjøretøy og den samlede skaderisikoen i kollisjoner er undersøkt i de følgende studiene:

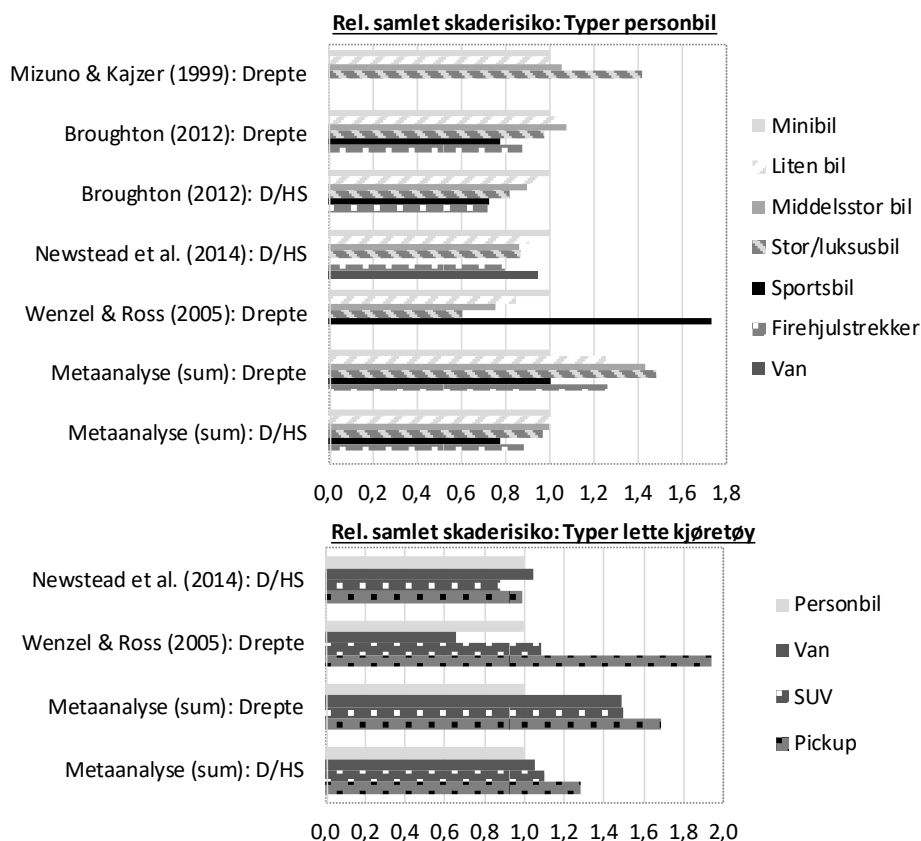
Mizuno & Kajzer, 1999 (Japan)

Wenzel & Ross, 2005 (USA)

Broughton, 2012 (Storbritannia)

Newstead et al., 2014 (USA)

Det er ikke mulig å oppsummere resultatene med metaanalyse. Figur 12 viser derfor en oversikt over resultatene fra de enkelte studiene, både for ulike typer personbil og for ulike typer lette kjøretøy. Figuren viser også summen av egen- og fremmedrisikoen som er estimert med metaanalyse i avsnittene over (summen er delt på to slik at den relative risikoen for den minste kategorien fortsatt er lik én).



Figur 12: Relativ samlet skaderisiko i kollisjoner med ulike typer personbiler (øverste diagram) og ulike typer lette kjøretøy (nederste diagram); resultater fra enkelte empiriske studier samt summene av egen- og fremmedrisiko som er estimert med metaanalyse (relativt risiko for den minste kategorien kjøretøy er satt lik én).

**Typer personbil:** Resultatene i figur 12 viser inkonsistente effekter av personbiler i ulike størrelser. Tre av de enkelte studiene viser at **samlet skaderisiko synker** med bilens størrelse. Wenzel (2013) viser også at økende størrelse medfører lavere samlet skaderisiko (størrelsen er i denne studien definert som «footprint», dvs. størrelsen på flaten mellom hjulene; bilenes vekt er statistisk kontrollert for). Derimot tyder resultatene fra studien til Mizuno og Kajzer (1999) og de samlede resultatene for antall drepte fra metaanalysen på det motsatte, at **samlet skaderisiko øker** med bilens størrelse.

Også for sportsbiler i forhold til øvrige biler er resultatene sprikende. Det eneste resultatet som er forholdsvis konsistent er at biler med firehjulstrekk medfører noe lavere samlet skaderisiko enn andre personbiler.

Forklaringen på de forholdsvis små og inkonsistente sammenhengene som er funnet mellom bilenes størrelse og samlet skaderisiko i kollisjoner, er trolig at risikoen for personer i den egne bilen og hos motparten er negativt korrelert med hverandre. Synkende egenrisiko og økende fremmedrisiko kan dermed omtrent utjevne hverandre når man ser på alle innblandede i kollisjoner. Også studien til Chauvel et al. (2011) viser at forskjeller i egen- og fremmedrisiko omtrent oppveier hverandre. De tyngste bilene har i denne studien omtrent halyparten så stor egenrisiko og tre ganger så høy fremmedrisiko som de letteste bilene.

**LTVer vs. personbiler:** Med ett unntak (Newstead et al., 2014) viser resultatene i figur 12 at LTVer har **høyere samlet risiko** enn personbiler. Også andre studier viser at LTVer medfører høyere samlet risiko. White (2004) viser at en økt andel LTVer i bilparken vil øke det totale antall drepte i ulykker. Resultatene viser at hver dødsulykke som førere av LTVer unngår (som følge av bedre kollisjonssikkerhet) medfører minst 4,3 dødsulykker som ellers ikke hadde skjedd (som følge av større aggressivitet). Jacobsen (2013) viser at en reduksjon av andelen LTVer i bilparken vil redusere det totale antall drepte i ulykker. Anderson (2008) har estimert at en økning av andelen LTVer i kjøretøyparken på 1% vil medføre en økning av det totale antall drepte i ulykker med 0,34%. Abdel-Aty & Abdelwahab (2004) viser at det i sidekollisjoner hvor en LTV kjører på en personbil, er 1,2% flere drepte (til sammen i begge kjøretøy) enn i sidekollisjoner mellom to personbiler. Anderson et al. (2013) viser at antall drepte per kollisjon er høyere når en LTV er innblandet enn når kun personbiler er innblandet. Sammenlignet med en kollisjon mellom to personbiler, er det 89% flere drepte i en kollisjon mellom en personbil og en LTV og 2,84 ganger så mange drepte i en kollisjon mellom to LTVer. Wang og Kockelman (2005) viser at det totale antall skadde hadde vært 26% høyere og det totale antall drepte hadde vært 64% høyere dersom alle personbilene i bilparken hadde vært erstattet med LTVer.

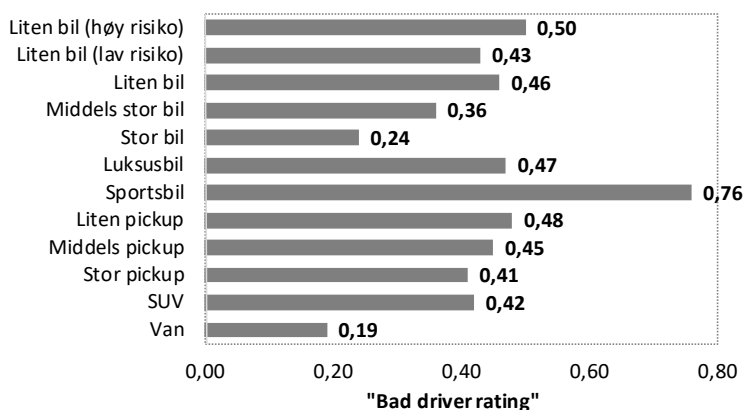
Forklaringen på at LTVer medfører høyere samlet skaderisiko og flere drepte i ulykker er at disse kjøretøyene er mer aggressive enn personbiler, men at de, når man ser alle typer ulykker under ett, ikke er sikrere enn personbiler for dem som sitter i bilen.

Pickuper har vist seg å medføre større samlet skaderisiko enn SUVer. Både SUVer og pickuper har høyere samlet skaderisiko enn personbiler, unntatt i studien til Newstead et al. (2014) (figur 12).

### Type kjøretøy og føreratferd

**Det finnes store forskjeller i føreratferd mellom ulike typer kjøretøy. Førere av større personbiler er i gjennomsnitt «bedre» førere enn førere av mindre personbiler. LTV-førere er omtrent like «gode» førere som førere av en liten personbil. De «beste» førerne er førere av vans og de «dårligste» førerne er sportsbilførere.**

Wenzel & Ross (2005) har utviklet en «bad driver rating» for førere av ulike typer lette kjøretøy som er basert på andelen førere som er innblandet i dødsulykker som har vært påvirket av alkohol eller andre rusmidler, hadde kjørt uten førerkort, hadde kjørt uaktsomt og som har tidligere trafikkforseelser. Det er store forskjeller mellom førere av ulike type lett kjøretøy som vist i figur 13. Høyere verdier står for «verre» førere.



Figur 13: «Bad driver rating» for førere av ulike typer lett kjøretøy som er innblandet i dødsulykker (Wenzel & Ross, 2005).

Resultatene i figur 13 viser at:

- Mindre personbiler har «verre» førere enn større personbiler, men luksusbiler har omtrent like «dårlige» førere som de mindre bilene.
- Sportsbiler har de «verste» førerne.
- LTVer har omtrent like «dårlige» førere som de minste bilene og der et ingen store forskjeller mellom førere av SUV og pickup; ifølge Jacobsen (2013) derimot har pickuper nesten fire ganger så stor risiko for å bli innblandet i en dødsulykke som en personbilfører (med kontroll for kjøretøyegenskaper).
- Mindre pickuper har «verre» førere enn større pickuper og SUVer, men forskjellene er relativt små.
- Vans har de «beste» førerne. Dette viser også resultatene fra Jacobsen (2013).

Studien til Wenzel og Ross (2005) viser videre at førere som omkommer i ulykken, har dårligere verdier enn førere som ikke omkommer (henholdsvis 0,47 og 0,36; gjennomsnitt for alle er 0,40).

## 4.4 Kollisjonssikkerhet: Bilenes alder

Sammenhengen mellom bilenes alder og skaderisikoen i ulykker er i TSH beskrevet i kapitlet om kollisjonssikkerhet (kapittel 4.16 i TSH).

### ***Bilenes alder og ulykker***

***Eldre biler medfører i gjennomsnitt høyere skaderisiko for personene i bilen enn nyere biler (uavhengig av bilenes modellår). Den gjennomsnittlige risikoøkningen per år er på 2,3% for personbiler.***

Det er kun relativt få studier som har undersøkt sammenhengen mellom bilenes alder og skaderisiko hvor det er kontrollert for bilenes modellår (studier av sammenhengen mellom bilenes modellår og risiko er oppsummert i avsnitt 4.2). Her er kun studier oppsummert som har undersøkt effekten av bilens alder uten at resultatene er påvirket av forskjeller mellom biler fra ulike modell- eller registreringsår. Det er de følgende studiene:

- Farmer & Lund, 2006 (USA)
- Rich et al., 2013 (Danmark)
- Wenzel, 2013 (USA)
- Anderson & Searson, 2015 (Australia)
- Farmer & Lund, 2015 (USA)
- Høye, 2017B (Norge)

De estimerte prosentvise endringene av risikoen for personene i bilen som er funnet i enkelte studier, er oppsummert i tabell 4 (ikke alle studiene har oppgitt prosentvise endringer). Resultatene fra studiene til Farmer og Lund (2006, 2015) gjelder lette kjøretøy i alderen 1-7 år.

Tabell 4: Resultatene fra studiene av sammenhengen mellom bilenes alder (med kontroll for modellår) og relativ risiko.

	Kjøretøy	Skadegrad	Ulykkestype	Prosent endring av ulykkesrisiko per år
Farmer & Lund, 2006	Personbiler	Drept	Alle ulykker	+1,93 %
Farmer & Lund, 2015	Personbiler	Drept	Alle ulykker	+0,95 %
	Pickuper	Drept	Alle ulykker	+4,35 %
	SUVer	Drept	Alle ulykker	+9,18 %
	Alle lette kjøretøy	Drept	Alle ulykker	+2,40 %
Høye, 2017B	Personbiler	D/HS	Alle ulykker	+3,67 %
	Personbiler	Personskadeulykker	Alle ulykker	+0,38 %
	Personbiler	D/HS per ulykke	Alle ulykker	+3,88 %
Wenzel, 2013	Personbiler	Drept	Alle ulykker	+2,54 %
	SUVer	Drept	Alle ulykker	+5,50 %

Med ett unntak viser alle studiene at risikoen for å bli drept eller skadd i bilen, øker med økende alder og resultatene tyder på at risikoøkningen er større for SUVer og pickuper enn for personbiler (gjennomsnitt for personbiler: 2,3% risikoøkning per år). Unntaket er studien til Rich et al. (2013) som ikke fant noen signifikant sammenheng mellom bilenes alder og skadegraden for føreren, gitt at bilen er innblandet i en ulykke.

Høye (2017B) viser at risikoøkningen i eldre biler er størst for alvorlige ulykker (D/HS) og skadegraden i ulykkene. Dette kan forklares med at mange av faktorene som har sammenheng med bilenes alder har størst sammenheng med alvorlige ulykker (bl.a. rus og fart). Årlige kjørelengder er kontrollert for i denne studien.

To av studiene viser at risikoen er lavest i bilens andre år, dvs. at den synker fra år ett til år to og øker deretter (Anderson & Searson, 2015; Wenzel, 2013). Forklaringen er trolig en tilvenningseffekt. I studien til Wenzel (2013) er det omtrent 10% flere drepte i ulykker med helt nye biler enn i ulykker med eldre biler (med statistisk kontroll for bilenes alder).

Ingen av studiene har undersøkt sammenhengen mellom bilenes alder og fremmedrisiko.

## Bilenes alder og risikofaktorer

***Når biler blir eldre, skjer flere endringer som påvirker ulykkesinnblandingen og skaderisikoen. Førere av eldre biler har i gjennomsnitt flere risikofaktorer som har sammenheng med innblandingen i (alvorlige) ulykker. Førere av eldre biler er bl.a. oftere unge menn, er oftere beruset, kjører oftere for fort og bruker i mindre grad bilbelte enn førere av nyere biler.***

Tabell 5 viser gjennomsnittsalderen til biler av førere som har vært innblandet i dødsulykker i Norge i 2005-2015 og som har ulike kjennetegn som har sammenheng med risikoen (A,, 2017A,B). Førerne er delt inn i grupper med «lav risiko» eller «høy risiko». Førere som ikke bruker bilbelte, har både høyere skadegrad i ulykkene og høyere ulykkesrisiko som følge av sammenhengen med andre typer risikoatferd (Høye, 2016). Hasardiøs kjøring omfatter bl.a. forbikjøring til tross for manglende sikt lengde og aggressiv kjøring. Med festsituasjon menes situasjoner hvor det er flere (som regel unge) personer i bilen som hører på (høy) musikk, som ofte er beruset og som generelt oppfører seg som på fest. Unge menn har i mange andre studier vist seg å være en gruppe med høyere risiko enn andre førere (Bjørnskau, 2015). Rus og fart er også kjent for å medføre en betydelig økning av både ulykkes- og skaderisikoen (Høye, 2017A).

Tabell 5: Sammenheng mellom høyrisikoatferd og bilenes gjennomsnittsalder i dødsulykker med personbil i Norge (2005-2015; Høye, 2017A,B).

	«Lav risiko»	«Høy risiko»	«Lav risiko»		«Høy risiko»		Bilalder høy vs. lav risiko
			N	Bilenes alder (år)	N	Bilenes alder (år)	
Bilbelte	Med	Uten	1541	9,9	372	12,6	+2,8 år
Hasardiøs kjøring	Nei	Ja	1820	10,3	93	13,0	+2,7 år
Festsituasjon	Nei	Ja	1872	10,3	41	14,4	+4,1 år
Ung mann	Nei (26-64 år)	Ja (16-25 år)	842	9,8	407	12,7	+3,0 år
Rus	Nei	Ja	1617	9,9	296	13,3	+3,4 år
Fart	Ikke for fort	Godt over fgr.	1342	9,5	220	13,3	+3,7 år
Fart	Ikke for fort	Høy fart etter forh.	1342	9,5	351	12,0	+2,5 år

## 4.5 Kollisjonssikkerhet: Andre egenskaper ved biler

For en del enkelte egenskaper ved biler er det undersøkt i empiriske studier hvordan disse påvirker risikoen for å bli drept eller skadd i ulykker. Elvik et al. (2009) har anslått virkningen av en rekke slike egenskaper på grunnlag av 23 amerikanske undersøkelser som er gjennomført mellom 1969 og 1995. Kahane (2015) har estimert hvor mange drepte som er spart i USA som følge av tiltakene. Tabell 6 viser de anslåtte prosentvise reduksjonene av det totale antall drepte. Resultatene fra Kahane (2015) gjelder totale antall drepte i USA i 2012, og resultatene fra Elvik et al. (2009) gjelder antall drepte i personbiler i alle typer ulykker. Noen av effektene fra Elvik et al. (2009) er reduksjoner av antall drepte som ble kastet ut av bilen. Til sammenligning viser tabellen også effekten av bruk av bilbelter som er estimert av Kahane (2015).

Tabell 6: Virkninger av enkelte egenskaper ved biler på antall drepte personer i bilen, gitt at denne er innblandet i en ulykke.

	Kahane (2015)	Elvik et al. (2009)	Kommentar
<b>Bilbelter</b>	-31 %		
<b>Laminerte frontruter</b>		-10 %	
<b>Energiabsorberende rattstamme</b>	-5 %	-6 %	
<b>Forbedret beskyttelse i sidekollisjoner</b> (forsterkninger og strukturelle forbedringer av bilenes konstruksjon i siden, sidekollisjonsputer)	-3 %	-7 %	
<b>Forbedret utforming og energiabsorberende materialer i bilens interiør</b> (bl.a. instrumentpanel, midtkonsoll, tak, A- og B-søyle)	-3 %	-11 %	Elvik et al. (2009): Gjelder alle skadegrader
<b>Forbedringer på dørlås og -hengsler</b> (forhindrer at dørene åpner seg i velteulykker)	-2 %	-13 %	Elvik et al. (2009): Gjelder utkastelse av bilen
<b>Forbedret innfesting av frontruter</b> (som beskyttelse mot utkastelse gjennom frontruten)	-1 %	-15 %	Elvik et al. (2009): Gjelder utkastelse av bilen
<b>Forsterket tak</b> (reduserer risikoen for at taket blir trykt inn)	-0,2 %	-75 %	Elvik et al. (2009): Gjelder utkastelse av bilen
<b>Forbedret tankkonstruksjon</b> (reduserer risikoen for bilbrann etter kollisjoner)	-0,02 %		

**Stivhet:** Flere studier viser at stivere biler medfører at baksetepassasjerer i gjennomsnitt får mer alvorlige skader (Esfahani et al., 2011; Sahraei et al., 2014). Resultatene er basert på simuleringer.

**Motorstørrelse/-effekt:** Torrão et al. (2014) fant en positiv sammenheng mellom motorstørrelsen til motparten og risikoen for at det er D/HS i den egne bilen i en kollisjon. I denne studien er det imidlertid ikke kontrollert for verken bilens vekt eller andre faktorer og resultatet kan følgelig skyldes sammenhengen mellom bilens vekt og skaderisiko.

To andre studier som har kontrollert for ulike andre faktorer, bl.a. bilenes vekt, har ikke funnet signifikante sammenhenger mellom bilenes motorstørrelse og førernes skadegrad i ulykker (Rich et al., 2013; Tolouei & Titheridge, 2009).

## 4.6 Bilenes vekt

De følgende avsnittene oppsummerer resultater fra studier av sammenhengen mellom bilenes vekt og:

- **Egenrisiko:** Skaderisiko for personer i den egne bilen
- **Fremmedrisiko:** Skaderisiko hos motparten (for personer i andre biler som kolliderer med den egne bilen)
- **Relativ skaderisiko:** Sammenhengen mellom vektforholdet mellom to kjøretøy i en kollisjon og risikoforholdet for førerne
- **Samlet skaderisiko:** Samlet risiko i den egne bilen og hos motparten i en kollisjon (eller totalt antall D/HS i kollisjoner)
- **Totalt antall drepte/skadede:** Effekt av endringer av gjennomsnittsvekten i hele bilparken.

Når man sammenligner egen- eller fremmedrisiko mellom biler av ulik vekt, er resultatet avhengig av vektfordelingen blant andre kjøretøy i bilparken (Tolouei & Titheridge, 2009). Dette betyr for eksempel at egenrisikoen i en bil som veier 1200 kg ikke vil være den samme i en bilpark som har en gjennomsnittsvekt på 1100 kg som i en bilpark med en gjennomsnittsvekt på 1500 kg. Dette kan gjøre det vanskelig å sammenligne resultater fra studier fra ulike land eller mellom eldre og nyere studier.

### **Vekt og egenrisiko: Skaderisiko for personer i den egne bilen**

*Tyngre biler har lavere egenrisiko enn lettere biler. En vektøkning på 100 kg medfører i gjennomsnitt en reduksjon av risikoen for å bli D/HS i en ulykke på 6,6% (-7,5% i kollisjoner med andre biler og -2,0% i eneulykker). Sammenhengen mellom bilenes vekt og egenrisiko har blitt mindre over tid.*

Sammenhengen mellom bilenes vekt og risikoen for å bli drept eller skadd i en ulykke er undersøkt i de følgende studiene:

- Farmer, 2005 (USA)
- Wenzel & Ross, 2005 (USA)
- Martin & Lenguerrand, 2008 (Frankrike)
- Tolouei & Titheridge, 2009 (Storbritannia)
- Chauvel et al., 2011 (Frankrike)
- Chen & Kockelman, 2012 (USA)
- Hutchinson & Anderson, 2013 (Australia)
- Anderson & Auffhammer, 2014 (USA)
- Adolph et al., 2015 (Tyskland)
- Høye, 2017 (Norge)

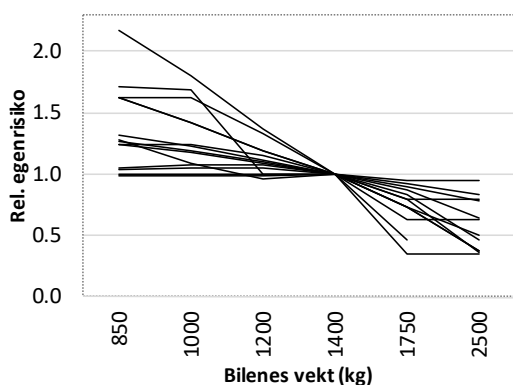


Resultatene er oppsummert i figur 14. Fra alle studiene foreligger informasjon om den absolutte eller relative risikoen for at føreren blir drept, D/HS eller skadd i en ulykke (gitt at bilen er innblandet i en ulykke), som en funksjon av bilens vekt.

Resultatene foreligger enten for enkelte vektclasser, for biler over og under en viss vekt, eller for en økning eller reduksjon av vekten på ett visst antall kg eller lbs. For å kunne sammenligne resultatene er det fra hver studie beregnet en relativ risiko for hver av seks vektategorier som vises som følgende i denne og følgende figurer:

- 850 kg: Under 900 kg
- 1000 kg: 900-1100 kg
- 1200 kg: 1100-1300 kg
- 1400 kg: 1300-1500 kg
- 1750 kg: 1500-2000 kg
- 2500 kg: Over 2000 kg.

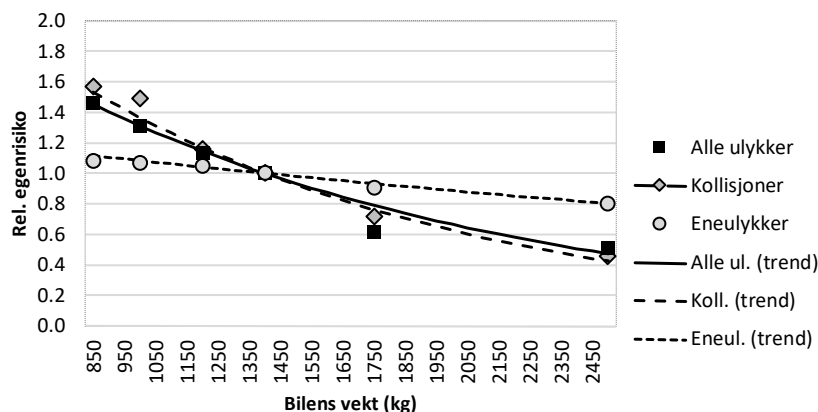
Risikoen i kategorien 1400 kg (1300-1500 kg) er satt lik én. Det foreligger ikke tilstrekkelig informasjon for å beregne statistiske vektorer og sammenlagte effekter med metaanalyse.



Figur 14: Sammenhengen mellom bilenes vekt (kg, vektclasser, se tekst) og relativ egenrisiko (risikoen for personer i bilen for å bli drept, D/HS eller skadd i en ulykke; risikoen i kategorien 1400 kg er satt lik én). Resultater fra empiriske studier.

Figur 14 viser at alle studiene har funnet en negativ sammenheng mellom bilenes vekt og egenrisiko, dvs. at tyngre biler er sikrere for personer i bilen. Hvor stor sammenhengen er, varierer mellom studiene. Også studier som har undersøkt sammenhengen mellom type personbil og egenrisiko viser at større (tyngre) typer bil i gjennomsnitt har lavere egenrisiko enn mindre (lettere) typer bil (jf. avsnitt 4.3).

Basert på resultatene av de enkelte studiene er det beregnet uvektede gjennomsnitt for grupper av resultater etter ulykkestype. Resultatene for drepte og D/HS er slått sammen fordi det ikke er funnet systematiske forskjeller mellom skadegradene. Basert på de uvektede gjennomsnittene er det beregnet eksponentielle trendfunksjoner. De uvektede gjennomsnittene og trendlinjene er vist i figur 15.



Figur 15: Sammenheng mellom bilenes vekt og egenrisiko (risiko for føreren for å bli D/HS, gitt at hen er innblandet i en ulykke), vektete gjennomsnitt av resultatene fra de empiriske studiene og eksponentielle trendfunksjoner.

Ut fra trendfunksjonene i figur 15 medfører en **økning av bilenes vekt med 100 kg** en reduksjon av risikoen for føreren for å bli D/HS (ved innblanding i en ulykke) på:

- 6,6% i alle ulykker
- 7,5% i kollisjoner med andre personbiler
- 2,0% i eneulykker.

Høye (2017B) viser at bilenes vekt ikke har sammenheng med innblanding i personskadeulykker.

**Velteulykker og kjøretøytype:** I studien til Wenzel (2013) ble det funnet forskjellige sammenhenger mellom vekt og risikoen for å bli drept i biler og SUVer/pickuper i ulike vektclasser og i ulike typer eneulykker. I de fleste konstellasjonene synker risikoen med økende vekt, men risikoen øker med økende vekt i lette SUVer/pickuper i velteulykker og i tunge SUVer/pickuper i kollisjoner med fast objekt. Hvorvidt disse resultatene er generaliserbare eller spesifikke for denne undersøkelsen, er ikke kjent.

**Type bil:** De fleste resultatene som er oppsummert ovenfor, gjelder personbiler, mens noen studier er basert på ulykker med alle typer lette kjøretøy (personbiler og LTVer). Teoh og Nolan (2012) viser at sammenhengen mellom vekt og egenrisiko er omtrent like stor for ulike typer lette kjøretøy (personbiler, SUVer og pickuper).

**Type veg:** van Kampen (2000) viser at sammenhengen mellom bilenes vekt og egenrisiko (risikoen for at føreren av den egne bilen blir D/HS) er større på landeveger enn i byer. Sammenlignet med de letteste bilene (under 700 kg) har de tyngste bilene (over 1500 kg) omtrent 70% lavere risiko på landeveger og omtrent 60% lavere risiko i byer. Forklaringen er trolig at farten og dermed skadepotensialet er større på landeveger.

**Type ulykke:** I studien til Chen og Kockelman (2012) har tyngre biler lavere egenrisiko både i kollisjoner og i eneulykker, men effekten er større i eneulykker.

**Eldre vs. nyere studier:** Sammenhengen mellom bilenes vekt og egenrisiko er også undersøkt i noen eldre studier som ikke inngår i figur 14:

- Evans & Wasiliewski, 1987 (USA)
- Bjørketun, 1992 (Sverige)
- Tapio et al., 1995 (Finland)
- Broughton, 1996 (Storbritannia)
- Farmer et al., 1997 (USA)

Evans og Frick, 2002 (USA)

Disse har funnet større sammenhenger mellom bilenes vekt og egenrisiko. Når man på samme måte som for de nyere studiene beregner uvektede gjennomsnitt av resultatene og eksponentielle trendfunksjoner, viser studiene at en økning av bilenes vekt med 100 kg medfører:

- En reduksjon av risikoen for å bli drept på 15,8%
- En reduksjon av risikoen for å bli skadd på 5,6%.

Dette gjelder alle ulykkene, det er ikke skilt mellom kollisjoner og eneulykker.

Resultatene tyder på at **sammenhengen mellom bilenes vekt og egenrisiko har blitt noe mindre over tid**. Mulige forklaringer er at bilene generelt er blitt betydelig sikrere. I tillegg er høydeforskjeller og andre kompatibilitetsproblemer blitt redusert over tid.

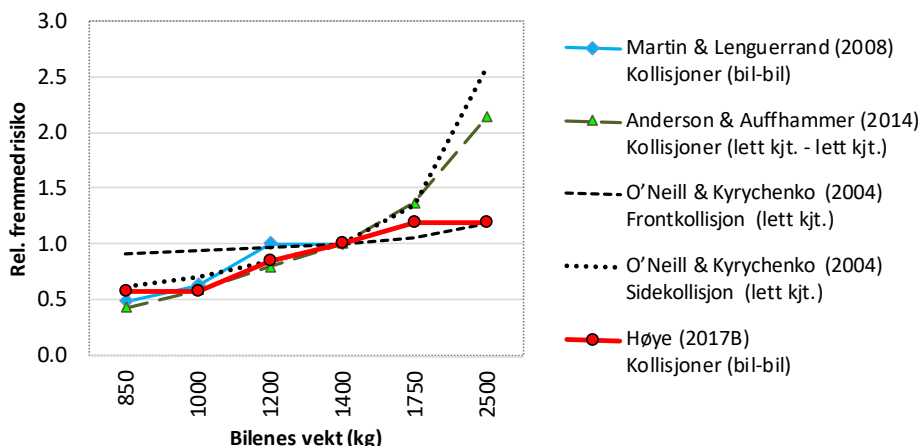
### Vekt og fremmedrisiko: Skaderisiko hos motparten

**Tyngre biler medfører større risiko for motparten i kollisjoner enn lettere biler. En vektøkning på 100 kg medfører i gjennomsnitt en økning av risikoen for at motparten i en kollisjon blir drept på 6,6%.**

Med fremmedrisiko menes risikoen for å bli skadd eller drept for personer i andre kjøretøy som kolliderer med den egne bilen. Sammenhengen mellom bilenes vekt og fremmedrisiko er undersøkt av:

- O'Neill & Kyrychenko, 2004 (USA)
- Martin & Lenguerrand, 2008 (Frankrike)
- Anderson & Auffhammer, 2014 (USA)
- Høye, 2017B (Norge)

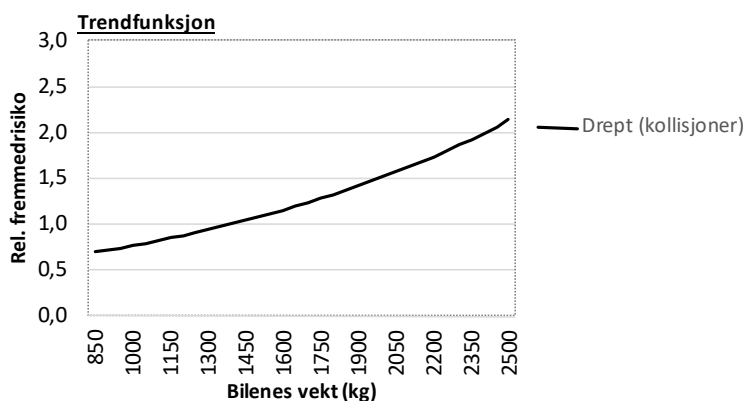
Resultatene fra alle studiene er vist i figur 16. Fra alle studiene foreligger informasjon om den absolutte eller relative fremmedrisikoen, dvs. risikoen for at en person hos motparten i en kollisjon blir drept (D/HS i studien til Høye, 2017B). For å kunne sammenligne resultatene er det fra hver studie beregnet en relativ risiko for hver av seks vekt-kategorier som beskrevet ovenfor i avsnittet om egenrisiko. Risikoen i kategorien 1400 kg (1300-1500 kg) er satt lik én.



Figur 16: Sammenhengen mellom bilenes vekt (kg, vekt-klasser, se tekst) og relativ fremmedrisiko (risikoen for at en person hos motparten til bilen i en kollisjon blir drept (D/HS i studien til Høye, 2017B); risikoen i kategorien 1400 kg er satt lik én). Resultater fra fire empiriske studier.

Figur 16 viser at alle studiene har funnet en positiv sammenheng mellom bilenes vekt og fremmedrisiko, dvs. at tyngre biler medfører større risiko for motparten. Sammenhengen er noe forskjellig mellom studiene men det foreligger for få resultater for å trekke konklusjoner om hvorvidt det er systematiske forskjeller mellom ulike typer kollisjoner eller skadegrader.

Resultatene fra ulike studier er svært konsistente i at alle viser at tyngre/større kjøretøy medfører større risiko for motparten. Basert på de empiriske resultatene av de enkelte studiene i figur 16 er det beregnet uvektede gjennomsnitt for grupper av resultater etter ulykkestype og skadegrad. Basert på disse er det beregnet en eksponentiell trendfunksjon. Denne er vist i figur 17.



Figur 17: Trendfunksjoner for sammenhengen mellom bilenes vekt og egenrisiko; basert på uvektede gjennomsnitt av resultatene fra de empiriske studiene.

Basert på trendfunksjonen i figur 17 medfører en **økning av bilenes vekt med 100 kg** en økning av risikoen for at noen hos motparten blir drept på **6,6%**. Dvs. at risikoreduksjonen som man oppnår for personer i den egne bilen med en vektøkning på 100 kg (-7,5% ifølge andre studier), nesten helt oppveies av risikoøkningen hos motparten i kollisjoner.

Også mellom motorstørrelse og fremmedrisiko (risikoen for at noen hos motparten blir D/HS) ble det funnet en positiv sammenheng (Torrão et al., 2014). Siden det ikke er kontrollert for bilenes vekt, kan vektforskjeller mellom biler med ulike motorstørrelser ha bidratt til sammenhengen. Studier som har undersøkt sammenhengen mellom type personbil og fremmedrisiko, viser at større (tyngre) biler i gjennomsnitt har høyere fremmedrisiko enn mindre (lettere) biler (jf. avsnitt 4.3).

**Eldre vs. nyere studier:** Sammenhengen mellom bilenes vekt og egenrisiko er også undersøkt i noen eldre studier som ikke inngår i figur 17:

- Evans og Wasiliewski, 1987 (USA)
- Bjørketun, 1992 (Sverige)
- Evans og Frick, 1992 (USA)
- Tapio et al., 1995 (Finland)
- Broughton, 1996 (Storbritannia)

Disse har funnet mindre sammenhenger mellom bilenes vekt og egenrisiko. Når man på samme måte som for de nyere studiene beregner uvektede gjennomsnitt av resultatene og en eksponentiell trendfunksjon, viser studiene at en økning av bilenes vekt med 100 kg medfører en økning av risikoen for at noen hos motparten bli skadd på 5,6%. Dette er noe mindre enn effekten som ble funnet i de nyere studiene, men resultatene av de eldre studiene gjelder risikoen for å bli skadd, mens resultatene fra de nyere studiene gjelder risikoen for å bli drept. Resultatene er dermed ikke direkte sammenlignbare og man kan følgelig ikke trekke noen konklusjoner om hvorvidt sammenhengen mellom vekt og fremmedrisiko er blitt større eller mindre over tid.

### Vektforhold og relativ skaderisiko (teoretiske sammenhenger)

*Ut fra teoretiske vurderinger har flere studier beskrevet den generelle sammenhengen mellom vektforhold (forhold mellom vekten til den egne bilen og motpartens vekt i en kollisjon) og risikoforhold (forhold mellom risikoen i den egne bilen og risikoen for motparten) med ulike funksjoner. Alle studiene viser at den egne risikoen er høyere jo tyngre motparten er, at sammenhengen er svakere jo tyngre den egne bilen er, og at sammenhengen er større for risikoen for å bli drept enn for risikoen for å bli skadd.*

I kollisjoner mellom to kjøretøy avhenger skaderisikoen for begge partene av vektforskjellen mellom kjøretøyene. Flere studier har, ut fra teoretiske vurderinger, beregnet funksjoner som beskriver sammenhengen mellom vektforskjellen mellom kjøretøyene på den ene siden og forholdet mellom skaderisikoen for begge partene i kollisjonen på den andre siden. Her er de følgende tre funksjonene beskrevet:

- A.** Ifølge Evans (1994) og Wood og Simms (2002) lar sammenhengen beskrive seg som følgende:

$$\frac{Risiko_{Egen\ bil}}{Risiko_{Motpart}} = \left( \frac{Vekt_{Motpart}}{Vekt_{Egen\ bil}} \right)^\alpha$$

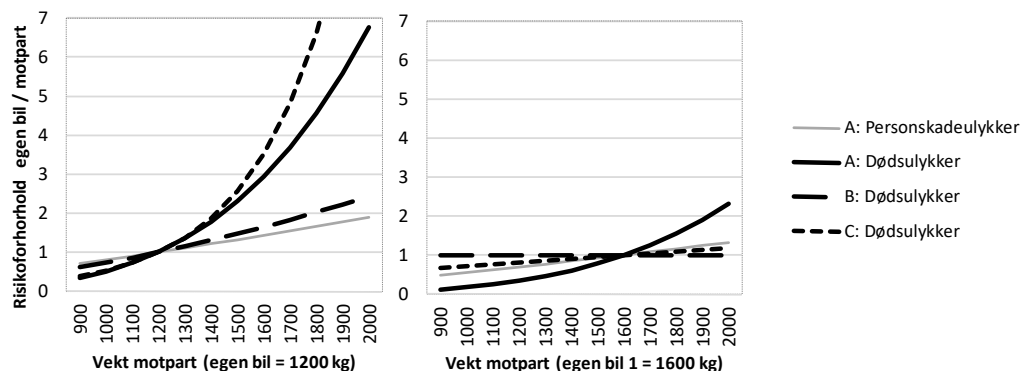
Funksjonen er utviklet basert på sammenhengen mellom vekt og fartsendringer i kollisjoner. Funksjonen er også empirisk validert med ulykkesdata. Det er beregnet ulike eksponenter ( $\alpha$ ). Jo større  $\alpha$ , desto større er vektøkningen.

- B.** Jösch et al. (1998) viste basert på data fra dødsulykker at forholdet mellom vekten av de to bilene i en kollisjon kan beskrives med følgende funksjon:

$$\text{Log} \left( \frac{Risiko_{Egen\ bil}}{Risiko_{Motpart}} \right) = 4 * \text{Log} \left( \frac{Vekt_{Motpart}}{Vekt_{Egen\ bil}} \right)$$

- C.** Broughton (1996) beskriver den relative skaderisikoen i kollisjoner som en funksjon av differansen mellom vektene til de to bilene. Den relative skaderisikoen øker med omtrent 27% for hver 100 kg vektdifferanse.

Figur 18 viser de teoretiske sammenhengene som er beskrevet i disse studiene. Figuren viser på X-aksen motpartens vekt. Den egne bilen veier 1200 kg i den venstre delen av figuren og 1600 kg i den høyre delen. På Y-aksen vises risikoforholdet, dvs. forholdet mellom den egne risikoen vs. risikoen for motparten (forholdet er lik én når begge har samme risiko).



Figur 18: Teoretiske sammenhenger mellom vektforskjellen mellom to kjøretøy i en kollisjon og forhold mellom den egne risikoen og motpartens risiko.

Figur 18 viser at:

- Den egne risikoen øker jo tyngre motpartens bil er
- Sammenhengen er svakere jo tyngre den egne bilen er
- Sammenhengen er større for risikoen for å bli drept enn for risikoen for å bli skadd.

Hvor stor sammenhengen er, er svært forskjellig mellom studiene. Forklaringene for sammenhengen mellom forskjeller i vekt og skaderisiko varierer mellom studiene. Vekten er den faktoren som har størst betydning for skaderisikoen i kollisjoner mellom biler av ulik vekt i de fleste studiene. Noen studier hevder imidlertid at bilenes størrelse er viktigere enn vekt, men at størrelse og vekt i så stor grad henger sammen at den relative skaderisikoen også kan beskrives som en funksjon av vekten (Wood, 1997; Wood og Simms, 2002).

Resultatene i dette avsnittet gjelder kun den *relative* skaderisikoen. Resultatene sier ingenting om hvorvidt risikoen i kollisjoner mellom to biler av *samme* vekt øker eller synker med økende vekt.

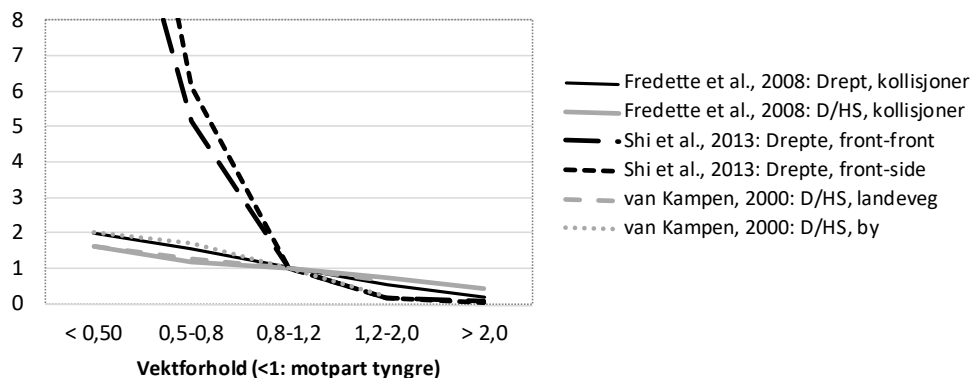
### Vektforhold og relativ skaderisiko (empiriske sammenhenger)

**Større vektforskjell mellom den egne bilen og motparten i en kollisjon medfører større risiko i den egne bilen.**

Det er funnet flere studier som har undersøkt sammenhengen mellom den egne og motpartens vekt og risikoen for at noen i den egne bilen blir skadd eller drept:

- van Kampen, 2000 (Nederland)
- Fredette et al., 2008 (Canada)
- Shi & Nusholtz, 2013 (USA)

Figur 19 viser resultatene fra disse studiene.



Figur 19: Sammenhengen mellom vektforhold (vekt til egen bil i forhold til motpartens vekt; 1 hvis begge er like tunge, <1 hvis motparten er tyngre) ifølge empiriske studier.

Som figur 19 viser, har alle tre studiene funnet økende risiko med økende vektforskjell (når motparten er tyngre), men hvor stor sammenhengen er, er veldig forskjellig mellom studiene. Enkelte studier viser at sammenhengen er forskjellig mellom ulike ulykkestyper, skadegrader og områder. Sammenhengen er:

- Større i sidekollisjoner (motparten treffer den egne bilen i siden) enn i front-mot-front kollisjoner (Shi & Nusholtz, 2013); den relative risikoen for risikoforhold under 0,5 (motparten er over dobbelt så tung som den egne bilen) er 15 i front-front- og 20 i front-side-kollisjoner.
- Større for risikoen for å bli drept enn for risikoen for å bli D/HS i kollisjoner (Fredette et al., 2008).
- Større i byer enn på landeveger (van Kampen, 2000), men forskjellen er relativt liten og avhenger av hvordan man beregner risikoen (rapporten viser kun absolutte risikotall for andre kategorier enn i figuren over i en figur uten dataetiketter).

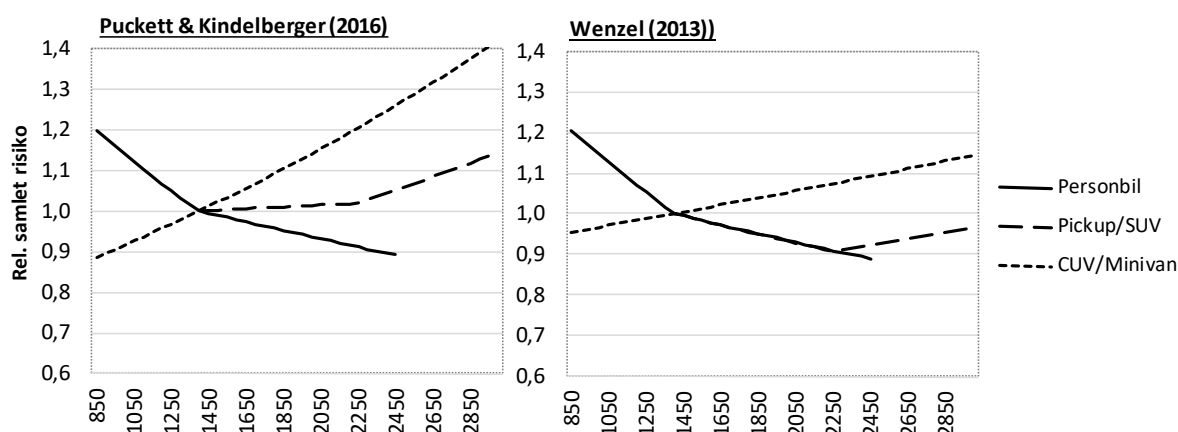
### Vekt og samlet skaderisiko

*Tyngre personbiler medfører i gjennomsnitt færre skadde/drepte i kollisjoner, men vektens betydning for det samlede antall skadde/drepte i kollisjoner har blitt mindre over tid. For SUVer og pickuper er sammenhengen mellom egen vekt og samlet antall drepte/skadde i kollisjoner lite systematisk, men det er en tendens til at antall skadde/drepte per kollisjon øker med økende vekt blant de tyngste kjøretøyene. For vans medfører økende vekt flere skadde/drepte i kollisjoner. I kollisjoner mellom kjøretøy av samme vekt viser eldre studier at det samlede antall skadde går ned med 3,7% per 100 kg vektøkning (per kjøretøy).*

Med samlet skaderisiko menes summen av egen- og fremmedrisiko eller det totale antall drepte/skadde i en kollisjon (som en funksjon av den egne bilens vekt). Sammenhengen mellom bilenes vekt og samlet skaderisiko er undersøkt av:

- Kahane, 2003 (USA)
- Kahane, 2010 (USA)
- Kahane, 2012 (USA)
- Wenzel, 2013 (USA)
- Puckett & Kindelberger, 2016 (USA)

Alle studiene er gjort med samme type datagrunnlag og med omtrent samme metode, men de senere studiene har brukt data fra senere år. Resultatene fra de to nyeste og dermed mest oppdaterte studiene (Puckett & Kindelberger, 2016; Wenzel, 2013 som presenterer de samme resultatene som Kahane, 2012) er vist i figur 20. Alle studiene har beregnet effekten av å redusere kjøretøyenes vekt med 100 lbs. (45 kg). Risikotallene i figur 20 er beregnet ut fra en relativ risiko på én for kjøretøy som veier 1400 kg. Puckett og Kindelberger (2016) og Wenzel (2013) skiller mellom personbiler, SUVer/pickuper og CUVer/vans (CUVer er såkalte crossover utility vehicles som forenklet sagt er SUVer som er bygd på en personbil-plattform). For personbiler og pickup/SUV er det i tillegg skilt mellom kjøretøy som veier over og under medianvekten (ca. 1400 kg for personbiler og 2250 kg for pickup/SUV), dvs. at sammenhengen endrer form ved medianvekten.



Figur 20: Sammenhengen mellom kjøretøyenes vekt (kg) og relativ samlet risiko (risikoen i kategorien 1400 kg er satt lik én) (Puckett & Kindelberger, 2016; Wenzel, 2013).

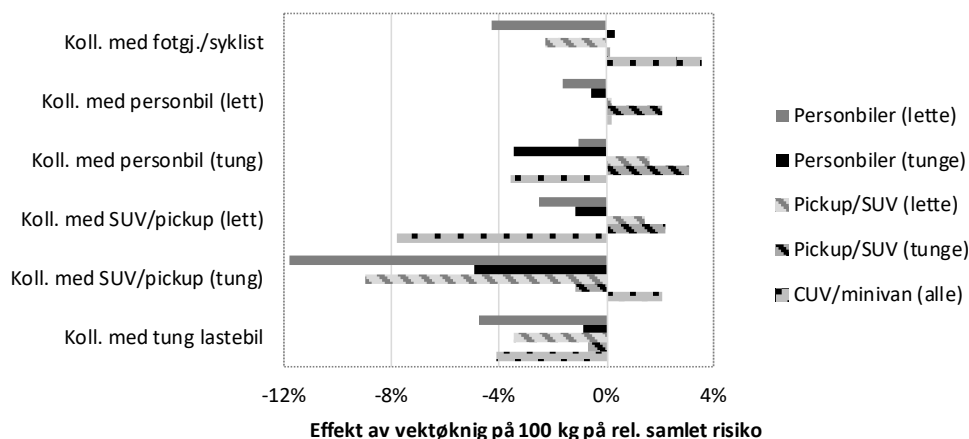
Figur 20 viser forskjellige sammenhenger mellom vekt og samlet risiko for ulike typer kjøretøy. Resultatene viser at økende vekt til det egne kjøretøyet medfører at den samlede risikoen:

- **Går ned for personbiler:** Risikoreduksjonen er større blant lettere personbiler (under 1400 kg) enn blant tyngre personbiler.
- **Øker for tunge pickuper og SUVer:** For lette SUVer/pickuper sprier resultatene mellom studiene. For tunge SUVer viser begge studiene at risikoen øker med økende vekt.
- **Øker for CUVer/minivans:** Her er det ikke skilt mellom ulike vektclasser og risikøkningen er betydelig større enn for pickuper og SUVer og resultater foreligger kun fra 2012 og 2016.

I figur 20 vises ingen resultater for biler over 2500 kg og for SUVer/pickuper under 1400 kg, men det er ukjent hvilke vektclasser som faktisk forekommer da ingen av de to studiene har oppgitt hvor mye de letteste og tyngste kjøretøyene i hver gruppe veier.

**Ulykkestyper:** Wenzel (2013) har beregnet anslag på den samlede risikoen i ulike typer ulykker. Figur 21 viser den estimerte effekten på den samlede risikoen i en kollisjon av å øke vekten med 100 kg for ulike typer kjøretøy i kollisjoner med ulike typer kjøretøy.

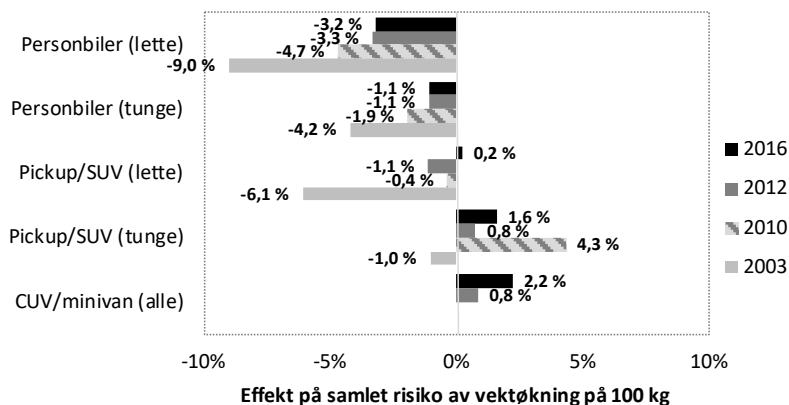




Figur 21: Effekt på den samlede risikoen i en kollisjon av å øke kjøretøyenes vekt med 100 kg for ulike typer kjøretøy i veltenlykkel og kollisjoner med ulike objekter/kjøretøy (Wenzel, 2013).

Resultatene i figur 21 viser en tendens til at den samlede risikoen går ned med økende vekt og at risikonedgangen er større desto større/tyngre motparten i kollisjonen er. Sammenhengen er imidlertid inkonsistent. I kollisjoner med tunge lastebiler har vektøkningen til det egne kjøretøyet kun en relativt liten effekt. Forklaringen kan være at vektforskjellen mellom lette kjøretøy og lastebiler er så stor at en vektøkning av det lette kjøretøyet ikke vil endre vektforholdet mellom de to kjøretøyene i stor grad.

**Endringer av sammenhengen over tid:** For å undersøke hvordan sammenhengen mellom vekt og samlet risiko har utviklet seg over tid, viser figur 22 den estimerte risikoendringen for en vektreduksjon på 100 lbs (45 kg) for de enkelte kjøretøygruppene fra studiene som er listet opp ovenfor. Kahane (2012) og Wenzel (2013) har presentert de samme resultatene som er vist som resultater for «2012». Alle studiene har benyttet data fra de samme kildene og samme metode for å estimere effekten av risikoøkningen, slik at resultatene er direkte sammenlignbare.



Figur 22: Effekt av en vektøkning på 100 kg på den samlede skaderisikoen i studier fra ulike år (se tekst).

Som vist i figur 22 har **sammenhengen** mellom egen vekt og samlet risiko **blitt mindre** over tid for personbiler. For pickuper/SUVer viser resultatene også en tendens til at sammenhengen er blitt mindre over tid (nedgang for lette og økning for tunge pickuper/SUVer), men endringen er mindre systematisk.

**Vekt og samlet skaderisiko i kollisjoner mellom biler med lik vekt:** Noen eldre studier har undersøkt sammenhengen mellom bilenes vekt og samlet skaderisiko i kollisjoner mellom biler med samme vekt:

Evans og Wasielewski, 1987 (USA)

Björketun, 1992 (Sverige)

Broughton, 1996 (Storbritannia)

Evans og Frick, 1992 (USA)

Sammenlagt viser studiene at en **vektøkning** på 100 kg (på hver av bilene i kollisjonen) i gjennomsnitt medfører en **nedgang av skaderisikoen** på 3,7% (gjelder alle skadegrader sett under ett). Ut fra teoretiske vurderinger predikerer Wood og Simms (2002) at en vektøkning på 100 kg i gjennomsnitt vil medføre en nedgang av den samlede skaderisikoen på 6,2%.

### **Totalt antall drepte/skadde: Effekt av endringer av gjennomsnittsvekten i hele bilparken**

**En nyere studie viser at lavere gjennomsnittsvekt i hele bilparken ville medføre færre drepte og skadde, selv om redusert gjennomsnittsvekt medfører økende vektforskjeller. Resultatene fra eldre studier spriker.**

Flere studier har estimert effekter av kjøretøystandarder for redusert drivstofforbruk og i denne sammenhengen undersøkt effekten av å redusere gjennomsnittsvekten i bilparken.

Bento et al. (2017) viser at lavere gjennomsnittsvekt som følge av en slik miljøstandard totalt sett ville **redusere** antall drepte i kollisjoner med lette kjøretøy. Dette til tross for at vektforskjellene ville øke. Jacobsen (2013) derimot viser at lavere gjennomsnittsvekt kan **øke** det totale antall drepte, mens en reduksjon av andelen SUTer og pickuper ville redusere antall drepte som følge av en mer homogen bilpark.

Også flere eldre studier har estimert sammenhengen mellom bilparkens gjennomsnittsvekt og totalt antall drepte/skadde. Resultatene fra disse studiene spriker:

- **Lavere vekt – flere drepte/skadde:** Noen studier viser at redusert vekt vil medføre flere drepte/skadde (Buzeman et al., 1998; Klein et al., 1991; NHTSA, 1997). De anslåtte effektene er større på med alvorlige skader. I studien til NHTSA (1997) gjelder dette det totale antall drepte og økningen skyldes i hovedsak velteulykker med SUTer og pickuper, samt kollisjoner med faste objekter og med tunge lastebiler, mens antall drepte i andre typer ulykker ville gå ned.
- **Lavere vekt – ingen endring:** Én studie viser ingen effekt i antall drepte/skadde dersom alle personbiler hadde vært 1000 pund tyngre (Wang & Kockelman, 2005).
- **Lavere vekt – færre drepte/skadde:** Én studie viser at redusert vekt vil medføre færre D/HS (Broughton, 1995). Nedgangen ville være større i tettbygd strøk enn i spredtbygd strøk. I studien til NHTSA (1997) ville antall drepte i kollisjoner med fotgjengere, syklistere og motorsykler, samt antall drepte i kollisjoner mellom personbiler og i kollisjoner mellom SUTer/pickuper gå ned.
- **Mindre vektforskjeller – færre drepte/skadde:** Én studie viser at reduserte vektforskjeller vil medføre færre drepte eller skadde (Buzeman et al., 1998). Ifølge denne studien ville en reduksjon av vektforskjellene på 20% (ved å fjerne enten de letteste eller de tyngste bilene) redusere antall skadde med 0,9% og antall drepte med 3,2%.

Beregningene i alle studiene er hypotetiske og tar kun hensyn til endringer i bilens vekt. At endringer i vekten kan ha ulike effekter blant lettere og tyngre kjøretøy og blant ulike typer lette kjøretøy, er i de fleste studiene ikke tatt hensyn til.

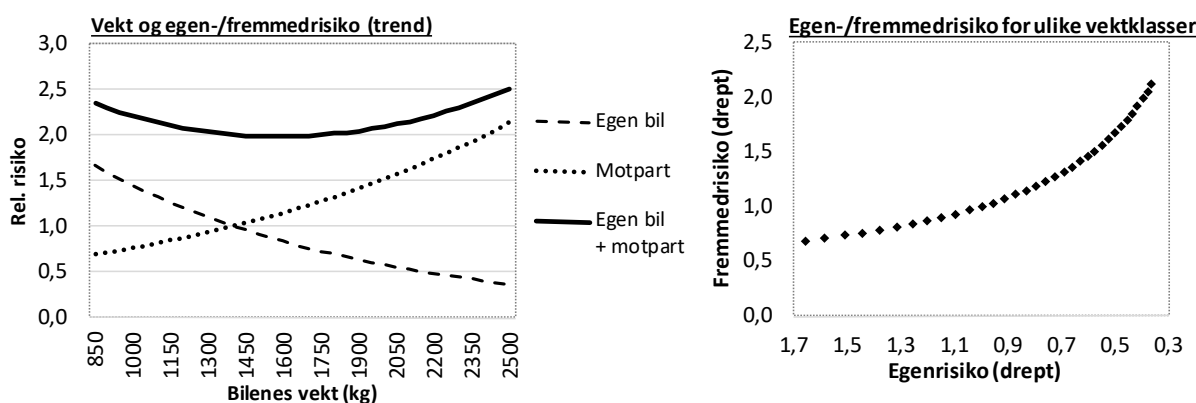
## 4.7 Kjøretøyenes kompatibilitet ved ulykker

### 4.7.1 Egen- vs. fremmedrisiko

*De aller fleste studiene viser at det er en negativ sammenheng mellom kollisjonssikkerhet og aggressivitet, dvs. at biler som er sikrere for personene i bilen, medfører større risiko for motparten i kollisjoner.*

Dette avsnittet oppsummerer resultater fra studier som har undersøkt sammenhengen mellom bilenes egenrisiko/kollisjonssikkerhet og fremmedrisiko/aggressivitet.

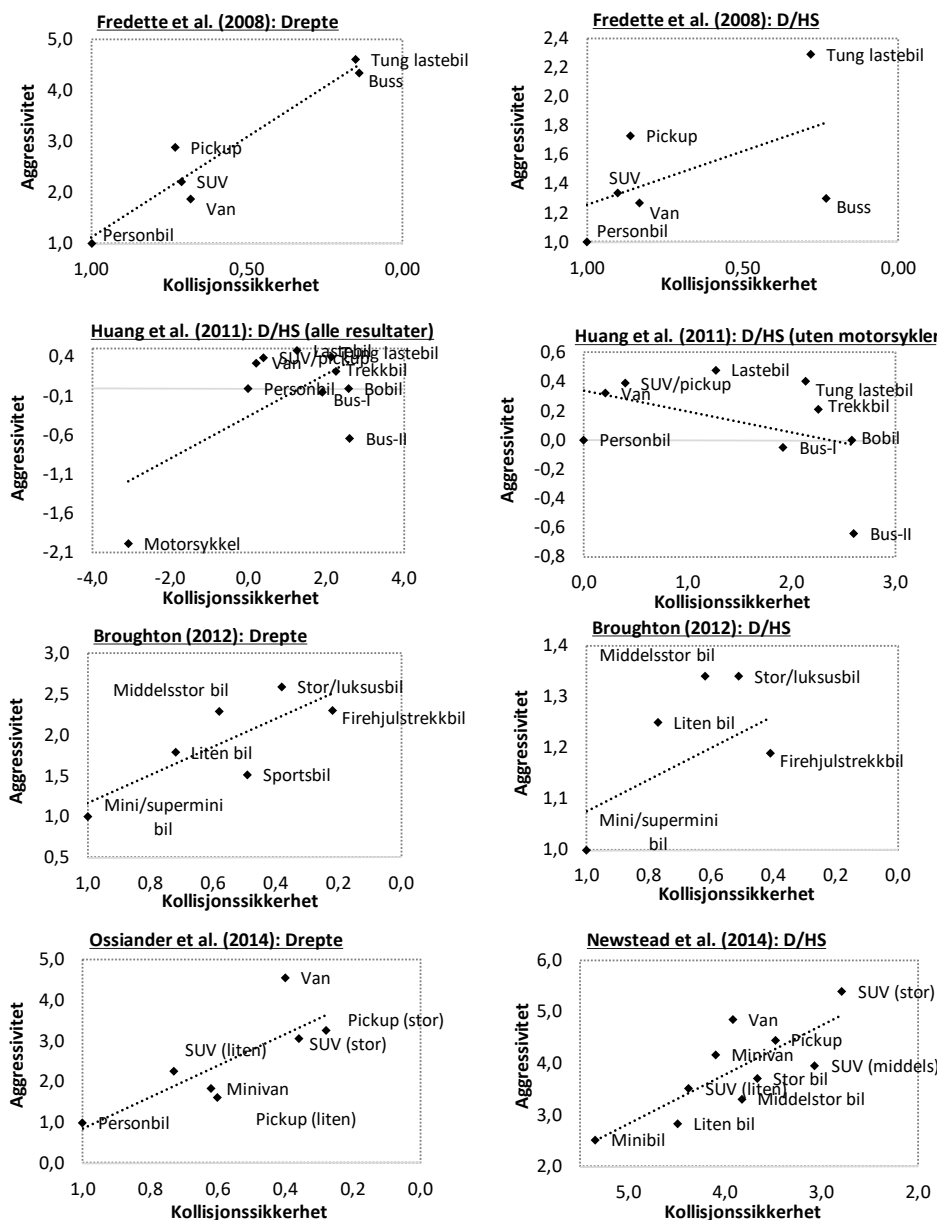
**Bilenes vekt:** Studier som har undersøkt sammenhengen mellom bilenes vekt og egen-/fremmedrisiko viser at økende vekt i gjennomsnitt medfører lavere egen- og høyere fremmedrisiko (jf. avsnitt 4.6). Figur 23 viser de estimerte sammenhengene mellom bilenes vekt på den ene siden og egen- og fremmedrisikoen (risikoen for å bli drept, trendfunksjoner) på den andre siden, samt sammenhengen mellom egen- og fremmedrisiko for biler med ulik vekt.



Figur 23: Estimerte sammenhenger mellom bilenes vekt på den ene siden og egen- og fremmedrisiko (risikoen for å bli drept, trendfunksjoner) på den andre siden (t.v.); samt sammenhengen mellom egen- og fremmedrisiko for biler med ulik vekt (t.h.).

Som figur 23 viser er egen- og fremmedrisiko negativt korrelert. Tyngre biler har lavere egen- og høyere fremmedrisiko. Den samlede egen- og fremmedrisiko (øverste kurve i venstre diagram i figuren) er lavest for biler mellom 1500 og 1650 kg og høyere både for lettere og for tyngre biler. Dette er imidlertid en teoretisk sammenheng, for det første fordi summen er basert på to trendfunksjoner og for det andre fordi den samlede risikoen også avhenger av andre faktorer enn bilenes vekt.

**Ulike typer kjøretøy:** Figur 24 viser resultater fra studier som har undersøkt sammenhengen mellom egen- og fremmedrisiko for ulike typer bil. Noen av disse, men ikke alle, inngår også i analysene av egen- og fremmedrisiko (avsnitt 4.3). Studien har benyttet ulike definisjoner av egen- og fremmedrisiko. Noen studier har beregnet andelen drepte eller D/HS per kollisjon i den egne bilen og hos motparten, mens andre studier har utviklet indikatorer for kollisjonssikkerhet (egenrisiko) og aggressivitet (fremmedrisiko) som er basert på fordelingen av skadegradene. I alle diagrammene i figuren innebærer verdiene for egenrisiko som er lenger til høyre, at kollisjonssikkerheten er bedre dvs. at risikoen i den egne bilen er lavere, mens verdier lenger oppe innebærer høyere fremmedrisiko eller aggressivitet.

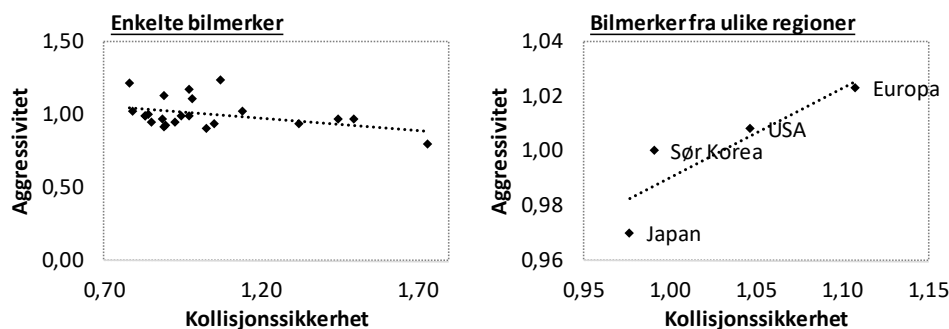


Figur 24: Sammenhengen mellom bilenes egenrisiko/kollisjonssikkerhet (lenger til høyre = bedre sikkerhet) og fremmedrisiko/aggressivitet (lenger opppe = større aggressivitet) for ulike typer kjøretøy; flere empiriske studier (i kronologisk rekkefølge).

Alle studiene i figur 24 viser en negativ sammenheng mellom kollisjonssikkerhet og aggressivitet. I studien til Huang et al. (2011) er sammenhengen negativ når man tar med alle typer kjøretøy og når man kun ser på personbiler og LTVer, men positiv når man ser på alle kjøretøy unntatt motorsykler.

I studien til Fredette et al. (2008) tyder resultatene på at sammenhengen mellom kollisjonssikkerhet og aggressivitet er større for mer alvorlige skader, men for øvrig er det ingen systematiske forskjeller mellom drepte og D/HS.

**Bilmerker fra ulike land:** Huang et al. (2014) har sammenlignet kollisjonssikkerheten og aggressiviteten mellom biler av ulike merker og bilmerker fra ulike regioner (figur 25).



Figur 25: Sammenhengen mellom bilenes kollisjonssikkerhet (høyere verdier = bedre sikkerhet) og aggressivitet (høyere verdier = større aggressivitet) for biler av ulike merker (diagram t.v.) og for bilmerker fra ulike regioner/land (diagram t.h.) etter Huang et al. (2014).

Sammenhengen for de enkelte bilmerker viser en tendens til at bilmerker med høyere kollisjonssikkerhet har noe lavere aggressivitet enn biler med lavere kollisjonssikkerhet, men sammenhengen er kun svak ( $R^2 = 0,16$ ). Når man ser på bilmerker fra ulike regioner/land, er sammenhengen større og omvendt. Bilmerker med bedre kollisjonssikkerhet har også høyere aggressivitet. Sammenlignet med biler fra andre regioner, har europeiske biler bedre kollisjonssikkerhet, men også høyere aggressivitet, mens japanske biler har dårlige kollisjonssikkerhet og lavere aggressivitet enn andre biler.

#### 4.7.2 Kompatibilitetskrav

**Nye kompatibilitetskrav for SUVer og pickuper i USA har redusert skaderisikoen for motparten med 16%. Det er i hovedsak høyden på fronten til SUVer og pickuper som er avgjørende og i mindre grad energiabsorberende materialer.**

I USA ble det i 2003 innført nye retningslinjer som hadde til formål å redusere inkompatibiliteten mellom SUVer, pickuper og personbiler. Hvordan disse retningslinjene påvirker skaderisikoen i kollisjoner, ble studert av Baker et al. (2008). Studien viser at personbilførere har lavere risiko for å bli drept i en kollisjon med en SUV eller pickup som oppfyller kompatibilitetskravene enn i en kollisjon med en SUV eller pickup som ikke oppfyller kravene. Den sammenlagte effekten er en reduksjon av risikoen for å bli drept på 16% (95% konfidensintervall [-26; -4]). I frontkollisjoner er forskjellen større for bilførere (i kollisjoner med SUVer/pickuper) som bruker bilbelte (-19% [-1; -33]) enn for førere som ikke bruker bilbelte (-5% [-25; +20]).

Resultater fra kollisjonstester med SUV og personbil tyder på at risikoen for personbilførere i frontkollisjoner med en SUV er høyere hvis SUVen har en høy front enn hvis SUVen har en lav front. Risikoen går ikke ned når SUVen gjøres mer energiabsorberende uten å senke fronten (Meyerson & Nolan, 2001).

Noen SUVer og større personbiler har montert en energiabsorberende anordning på fronten som overlapper med personbilens front. En slik anordning kan forhindre inntrenging og redusere kollisjonsenergien som absorberes av det andre kjøretøyet (Verma et al., 2005; Fuji et al., 2005). Derimot viste Verma et al. (2005) i simuleringer, kollisjonstester og analyser av ulykkesdata at en SUV hvor hele fronten er så lav at de energiabsorberende delene overlapper med personbilens front, kan medføre større inntrenging i personbilen, større kollisjonsenergi og mer alvorlige skader for personer i personbilen enn en vanlig SUV som er høyere enn personbilen. Virkningen er med andre ord motsatt til det man ville forvente.

### 4.7.3 «Kapprustning»: Virkninger på det totale antall skadde eller drepte

*Dersom alle kjøper biler som er sikrest for dem selv, kan den totale skaderisikoen øke fordi de «sikreste» bilene som regel også er de mest aggressive. Den totale skaderisikoen er lavest hvis alle kjøper biler som minimerer den egne og motpartens skaderisiko. Slike biler er ofte mindre sikre i kollisjoner med «sikrere» biler, men minst like sikre i kollisjoner med lignende biler.*

Empiriske studier som har undersøkt sammenhengen mellom egen- og fremmedrisiko og mellom ulike typer bil og den samlede skaderisikoen i kollisjoner (jf. avsnitt 4.3 og 4.6), viser at egen- og fremmedrisiko som regel er negativt korrelert. Det betyr at lavere egenrisiko som regel medfører høyere fremmedrisiko. Det samlede utfallet i en kollisjon er dermed ikke nødvendigvis det beste dersom begge velger kjøretøyet med lavest egenrisiko. Når mange kjøper biler som er så sikre som mulig for dem som sitter i bilen (f.eks. store og tunge biler, SUVer og pickuper) oppstår det følgelig en slags kapprustning («arms race», White, 2004; Li et al., 2012) som fører til at det totale antall drepte kan bli betydelig høyere enn det hadde vært dersom alle hadde valgt «mindre sikre» og mindre aggressive biler.

Den enkelte bilkjøper er dermed i en situasjon som ligner på «fangenes dilemma» (Kieslich & Hilbig, 2014). I det opprinnelige sosialpsykologiske eksperimentet om fangenes dilemma er det to (hypotetiske) tiltalte som begge kan forvente følgende straffer:

- Ett års fengsel for begge hvis begge nekter å forklare seg
- Tre års fengsel til A og frifinnelse for B hvis A nekter å forklare seg og B skylder på A
- To års fengsel for begge hvis begge skylder på hverandre.

Begge vil følgelig få minst straff hvis begge nekter å forklare seg. Men å nekte å forklare seg medfører risikoen for høyest mulig straff dersom den andre skylder på en. Det samme type dilemma kan oppstå ved valg av kjøretøy.

Når man ser på alle typer ulykker, er situasjonen enda mer kompleks fordi sammenhengen mellom bilens egenskaper og egenrisiko kan være forskjellig i kollisjoner og i eneulykker. I tillegg kan også ulykkesrisikoen (ikke bare skaderisikoen gitt at en ulykke har skjedd) være forskjellig mellom ulike typer bil.

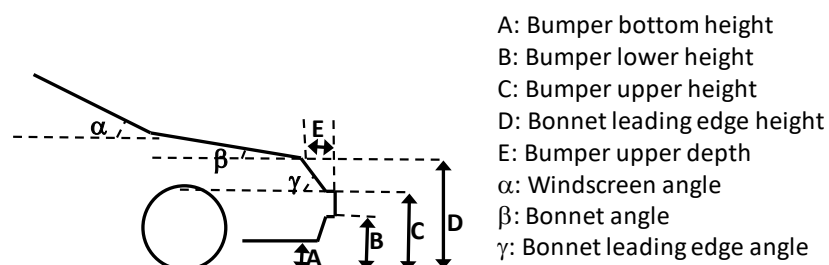
### 4.7.4 Beskyttelse av fotgjengere og syklister

Mange studier har undersøkt sammenhengen mellom utformingen av bilenes front og personskader i fotgjengerulykker ved å gjennomføre kollisjonsforsøk eller simuleringer. Blant studiene som er basert på ulykker, er det mange som har undersøkt sammenhengen mellom utformingen av bilenes front og type skade, f.eks. om en endring av utformingen fører til at skader «flyttes» fra en kroppsdel til en annen. Eksempelvis viser Pal et al. (2015) at en økning av høyden på støtdemperen fører til færre skader på leggen og flere skader på lår og hoft. I dette avsnittet er det lagt mest vekt på studier som er basert på skader i (ekte) ulykker og som har fokus på skadegraden totalt. I tillegg er det lagt mest vekt på de nyeste studiene da bilenes utforming mht. til beskyttelse av fotgjengere og syklister har endret seg over tid.

#### Utforming av bilenes front

*Den geometriske utformingen av bilenes front påvirker fordelingen av skadene på ulike kroppsregioner. Ettergivende materialer medfører i gjennomsnitt mindre alvorlige skader.*

**Høyden på støtdemper og motorpanser:** Li et al. (2017) har undersøkt sammenhengen mellom detaljerte egenskaper ved bilenes front på skader hos fotgjengere (over 1,5 meter høyde) som har blitt påkjørt. Resultatene viser at bilens fart og fotgjengernes alder har betydelig større effekt på skadegraden enn hvordan bilenes front er utformet. Med statistisk kontroll for fart og alder viser resultatene bl.a. at en lav motorpanser (D i figur 26) gir mindre alvorlige hofteskader enn en høy motorpanser og at egenskaper ved bilenes front ikke har noen signifikante effekter på skader på fotgjengernes hode og overkropp.



Figur 26: Egenskaper ved bilenes front som er undersøkt i studien til Li et al. (2017).

Den geometriske utformingen til bilenes front skiller seg mellom ulike typer bil. Effekten av slike generelle forskjeller på skadegraden totalt er beskrevet i neste avsnitt.

**Ettergivende materialer:** Mueller et al. (2013) viser at mykere materialer på bilenes front i gjennomsnitt medfører mindre alvorlige skader enn mindre ettergivende materialer.

## Type bil

**Empiriske studier viser konsistent at LTVer medfører større skaderisiko og mer alvorlige skader blant fotgjengere og syklister enn personbiler. Fotgjengere og syklister har minst 50% høyere risiko for å bli D/HS i kollisjoner med en LTV eller van enn i kollisjoner med en personbil. Forklaringen er i hovedsak geometriske forskjeller og i mindre grad vektforskjeller. Personbiler fra senere modellår har vist seg å medføre både lagere ulykkes- og skaderisiko for fotgjengere (-2,8% ulykkesrisiko og -4,3% risiko for å bli D/HS). En vektøkning på 100 kg medfører i gjennomsnitt en økning av risikoen for å bli D/HS på 4,6%.**

**LTV vs. personbil:** De følgende studiene har sammenlignet risikoen for å bli D/HS for fotgjengere i ulykker med LTVer sammenlignet med personbiler og oppgir tilstrekkelig informasjon for å beregne sammenlagte effekter:

- Holland et al., 2000 (Australia)
- Henry et al., 2003 (USA)
- Balesteros et al., 2004 (USA)
- Roudsari et al., 2004 (USA)
- Margaritis et al., 2004 (Nederland)
- DiMaggio et al., 2006 (USA)
- Eluru et al., 2008 (USA)
- Tefft, 2013 (USA)

De sammenlagte effektene er oppsummert i tabell 7. For fotgjengerne er effektene for D/HS slått sammen da forskjellene mellom skadegradene er forholdsvis små og usystematiske. For syklister foreligger bare resultater som gjelder risikoen for å bli drept.

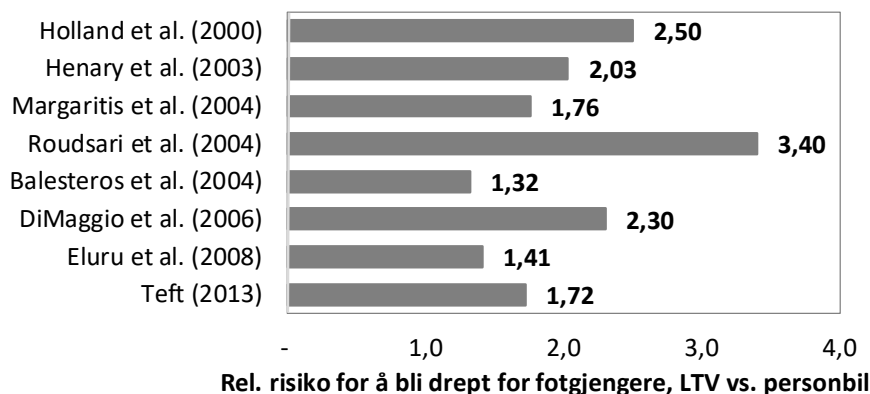
Tabell 7: Sammenlagte effekter av LTVer og vans (vs. personbil) på fotgjengernes risiko for å bli D/HS og på syklisters risiko for å bli drept.

	LTVer		Vans	
	Prosent endring	Usikkerhet	Prosent endring	Usikkerhet
Fotgjengere	+67	(+40; +99)	+57	(+32; +87)
Syklister	+50	(+38; +62)	+63	(+32; +102)

Resultatene viser at LTVer og vans medfører en risikoøkning for fotgjengere og sykklister på minst 50%. Hvorvidt forskjellene mellom LTVer og vans er reelle er usikkert da alle resultataene har relativt store og overlappende konfidensintervaller. Resultatene stemmer godt overens med resultatene fra en annen metaanalyse (Desapriya et al., 2010) som fant en økning av fotgjengernes risiko for å bli drept på 54% [+15; +93] i en kollisjon med en LTV, sammenlignet med en kollisjon med en personbil. Denne er basert på noen av studiene som inngår i de sammenlagte resultatene i tabell 7 og i tillegg på noen studier som ikke inngår i resultatene i tabell 7 (fordi effektene som er oppgitt av Desapriya et al. (2010) ikke er funnet i de originale publikasjonene av studiene).

Også flere andre studier viser at fotgjengere har betydelig høyere risiko for å bli D/HS i ulykker med en LTV enn i ulykker med en personbil (Longhitano et al., 2005; Lefler & Gabler, 2004). Ifølge Kim et al. (2010; USA), Lefler & Gabler (2004; USA) og Simms & Wood (2006; Irland) har fotgjengere minst omtrent dobbelt så stor risiko for å bli drept i en kollisjon med en SUV enn i en kollisjon med en personbil. I kollisjoner med en lastebil er risikoen nesten firedoblet (Kim et al., 2010).

**Endringer over tid:** Risikoforskjellen mellom personbiler og LTVer kan tenkes å ha blitt mindre over tid fordi det er gjort en del endringer på bilenes front. Figur 27 viser de estimerte effektene fra de enkelte studiene etter publiseringsår. Det er en tendens til noe mindre effekter i de senere studiene, men det er også stor variasjon mellom de enkelte studiene.



Figur 27: Relativ risiko for å bli drept for fotgjengere i kollisjoner med en LTV (vs. personbil), sortert etter studienes publiseringsår.

Høye (2017B) viser for personbiler at biler fra senere modellår er blitt mindre «farlige» for fotgjengere og sykklister. I gjennomsnitt har risikoen for å bli D/HS ved en påkjørsel av en personbil gått ned med 4,3% for hvert nytt registreringsår. Det er både risikoen for personskadeulykker (-2,8% per år) og skadegraden (-1,3% D/HS per ulykke) som har gått ned for biler fra senere modellår. Dette gjelder med statistisk kontroll for bilenes vekt.



**Van vs. personbil:** Li et al. (2012) viser at fotgjengere har høyere risiko for å bli D/HS i en kollisjon med en minivan enn i en kollisjon med en personbil. Det er især alvorlige skader på overkroppen som forekommer oftere i kollisjoner med minivans. Både for personbiler og for minivans øker skaderisikoen med økende fart, men økningen er betydelig større og brattere for minivans enn for personbiler. Også Tay et al. (2011) viser at vans medfører større skaderisiko for fotgjengere enn personbiler (+88% risiko for å bli drept), men mindre risiko enn lastebiler (2,24 ganger så høy risiko for å bli drept som personbiler). Motorsykler er i denne studien den kjøretøytypen med lavest risiko for fotgjengere (12% lavere risiko for å bli drept enn personbiler).

**Bilenes geometri:** Forklaringen på risikoforskjellen mellom LTVer og personbiler er i hovedsak geometrien, dvs. den høye fronten på LTVer (Simms & Wood, 2006). I kollisjoner med SUVer er det også flere ulykker hvor fotgjengeren får de mest alvorlige skader fra kontakt med bakken enn i kollisjoner med personbiler (Crocetta et al., 2015). I slike kollisjoner hender det langt oftere at fotgjengere blir slengt gjennom luften istedenfor å bli liggende på bilen (Roudsari et al., 2005). Simms og O'Neill (2005) viser at det første treffpunktet i kollisjoner med voksne fotgjengere (som regel med bilens støtdemper) som regel er på mer kritiske kroppsdeler og at dynamikken i kollisjonen gjør at også etterfølgende treff (mellom fotgjengernes hode eller overkropp og bilens motorpanser eller frontrute) er mer alvorlige. Dette bekreftes av flere studier som viser at LTVer medfører større risiko for alvorlige skader på hode og overkropp enn personbiler, uavhengig av farten, mens personbiler medfører større risiko for benskadene, men mindre risiko for skader på overkroppen enn LTVer (Henary et al., 2003; Lefler & Gabler, 2004; Longhitano et al. 2005). Crocetta et al. (2015) viser at fotgjengere som er påkjørt av en LTV med en høy front, oftere treffer bakken med hodet først, enn fotgjengere som er påkjørt av en personbil.

Flere studier har undersøkt risikoforskjeller mellom LTVer og personbiler ved ulike **fart**. Resultatene spriker. Ifølge Ballesteros et al. (2004) er risikoforskjellen størst ved lave fartsgrenser. Når fartsgrensen er under 30 mph (48 km/t), medfører LTVer i denne studien omtrent dobbelt så stor skaderisiko som personbiler. Når fartsgrensen er 30-50 mph (48-80 km/t) er risikoforskjellen ikke statistisk signifikant (mellom -10% og +40%), og ved høyere fartsgrenser er risikoen noe lavere for LTVer og heller ikke statistisk signifikant. Henary et al. (2003) viser at forskjellen i risikoen for å bli drept er størst ved høy fart, mens forskjellen i risikoen for å bli HS er størst ved lav fart (og fraværende ved høy fart).

**Motorstørrelse og drivstofftype:** Dieserbiler medfører høyere skaderisiko for fotgjengere enn bensinbiler i studien til Pastor (2013; Tyskland). Biler med større motorer medfører i den samme studien i gjennomsnitt *lavere* risiko enn biler med mindre motorer. Dette er motsatt til den forventede effekten og for en av de mest populære bilmodellene er sammenhengen motsatt; her medfører større motorer lavere risiko. Forklaringen er ifølge Pastor (2013) forskjeller i føreratferd, men uten at dette er dokumentert med empiriske data.

**Bilenes vekt:** Flere studier har vurdert hvorvidt vektforskjellen mellom LTVer og personbiler bidrar til risikoforskjellen for fotgjengere. De fleste studiene konkluderer at vekten i veldig liten grad er relevant (Simms & Wood, 2006; Simms & O'Neill, 2005). Roudsari et al. (2004) viser at vekt ikke har noen sammenheng med risikoen for fotgjengere (når man kontrollerer for type kjøretøy).

Ballesteros et al. (2004) viser at tyngre biler (personbiler og LTVer over 1450 kg), medfører ca. 40% høyere risiko for fotgjengere for å bli D/HS ved en påkjørsel enn lettere biler. Effekten er statistisk signifikant og nesten lik for risikoen for å bli drept (+39%) og HS (+40%). I studien til Roudsari et al. (2004) derimot har bilenes vekt ikke vist seg å ha noen effekt på skadegraden i fotgjengerulykker. Begge studiene har kontrollert for type bil (personbil / LTV).

Høye (2017B) viser at tyngre biler medfører både større ulykkesrisiko og mer alvorlige skader for fotgjengere og syklister. Resultatene viser at en vektøkning på 100 kg (for personbiler) i gjennomsnitt medfører en økning av andelen D/HS fotgjengere og syklister på 4,6%.

**Elbiler:** Hvordan elbiler påvirker risikoen for fotgjengere og syklister, er beskrevet i avsnitt 4.8.3. Risikoforskjeller mellom elbiler og andre biler skyldes i hovedsak at elbiler har høyere risiko for ulykker med myke trafikanter enn andre biler.

## NCAP pedestrian

**Resultatene fra flere empiriske studier tyder på at vurderingene i Euro NCAP for beskyttelse av fotgjengere har sammenheng med skadegraden i ulykker med både fotgjengere og syklister, men det er ikke mulig å generalisere resultatene på grunn av endringene av testkriteriene over tid og fordi de maksimalt mulige poengsummene har økt over tid.**

Sammenhengen mellom testresultater i Euro NCAP (fotgjenger) og skadegraden blant fotgjengere og syklister som er påkjørt av biler, er undersøkt i tre svenske studier som alle er basert på de samme dataene (Strandroth et al., 2011, 2014; Ohlin et al., 2017). Basert på resultatene som er presentert av Strandroth et al. (2014) viser tabell 8 de estimerte effektene av Euro NCAP resultatene på fotgjengernes og syklisters risiko for å bli D/HS ved en påkjørsel. Gode testresultater er over 18 poeng, middels resultater er 10-18 poeng og dårlige resultater er opp til 9 poeng. Vurderingene og resultatene kan ikke uten videre overføres til nyere biler. I 2017 er det maksimalt mulige antall poeng 42 og bilen med den dårligste vurderingen i 2017 (midten av august) har 22,5 poeng. I 2014 var det maksimalt mulige antall poeng 36 og bilen med den dårligste vurderingen hadde 19,6 poeng, dvs. at alle bilene hadde en «god» vurdering ifølge Strandroth et al. (2014).

Tabell 8: Sammenheng mellom testresultater i Euro NCAP (fotgjenger) og skadegraden blant fotgjengere og syklister som er påkjørt av biler (Strandroth et al., 2014).

	Fotgjengere		Syklister	
	Prosent endring	Usikkerhet	Prosent endring	Usikkerhet
God vs. middels	-38	(-68; +19)	-48	(-75; +9)
Middels vs. dårlig	-29	(-50; +2)	-23	(-45; +8)
God vs. dårlig	-56	(-78; -13)	-60	(-81; -13)

Resultatene viser at bedre testresultater medfører lavere risiko for å bli D/HS, men kun forskjellen mellom gode og dårlige testresultater er statistisk signifikante. Effektene er omtrent like store for fotgjengere og syklister. I tillegg viser Ohlin et al. (2017) at sammenhengen er større for mer alvorlige skader enn for mindre alvorlige skader og større for hodeskader enn for andre skader.

En tysk studie fra 2013 (Pastor, 2013) har estimert at hver poeng i vurderingen av fotgjengerbeskyttelsen medfører en reduksjon av risikoen for fotgjengere for å bli drept på 35% og en reduksjon av risikoen for å bli hardt skadd på 1%.

En amerikansk studie som er basert på syv små bilmodeller i ulykker med fotgjengere viser at korrelasjonen mellom testresultater i Euro NCAP og risikoen for at en fotgjenger får alvorlige eller dødelige hodeskader ved en påkjørsel, er -0,59, men ikke statistisk signifikant (Mueller et al., 2013).

### **Fotgjenger-airbag og pop-up motorpanser**

***Fotgjenger-airbag og pop-up motorpanser kan redusere hodeskader blant fotgjengere og syklister ved påkjørsler med omtrent en tredjedel. Pop-up motorpanser kan imidlertid føre til flere og mer alvorlige skader fra sekundære sammenstøt mellom hode og bakken.***

To svenske studier har estimert den teoretisk mulige effekten av kollisjonsputer under motorpanseret på alvorlige hodeskader blant fotgjengere og syklister, basert på dybdestudier av sykkelulykker. Slike kollisjonsputer kan redusere alvorlige hodeskader blant fotgjengere med 34% (Fredriksson & Rosén, 2012). Blant syklister kan slike kollisjonsputer redusere alvorlige hodeskader med mellom 21% og 38%, avhengig av hvorvidt kollisjonsputen kun beskytter den nedre delen av frontruten eller hele frontruten og den øverste kanten av frontruten mot taket (Fredriksson et al., 2015). Med hjelp av simuleringer viser Choi et al. (2014) at effekten teoretisk kan være en reduksjon av antall drepte fotgjengere på 30-69%.

Simuleringer av fotgjengerpåkørsler med en pop-up motorpanser som løftes opp ved påkjørsel av fotgjengere, viser at et slikt motorpanser kan redusere hodeskader blant fotgjengere i det direkte sammenstøtet med bilen, men at den endrer fotgjengernes bevegelse og kan føre til mer alvorlige hodeskader fra sekundære sammenstøt (når hodet treffer bakken) (Gupta & Yang, 2013).

### **4.7.5 Kufanger**

***Kufangere medfører som regel økt skaderisiko for motparter i kollisjoner og spesielt for fotgjengere og syklister. Effekten avhenger imidlertid av hvorvidt kufangeren er energiabsorberende samt utformingen av bilenes front uten kufanger.***

En kufanger påvirker skaderisikoen både for fører og passasjerer i kjøretøyet og for andre innblandede i en kollisjon. Skaderisikoen er spesielt høy for fotgjengere og andre myke trafikanter, især når kufangeren er av metall og ikke energiabsorberende (Desapriya et al., 2012). Kollisjonsforsøk har vist at et sammenstøt mellom et hode og en kufanger i 20 km/t tilsvarer et sammenstøt med fronten på en personbil i 40 km/t eller med fronten til en SUV i 30 km/t (BASt, 1996). Kufangere av plast er noe mindre farlige og kan i noen tilfeller redusere skaderisikoen for fotgjengere i forhold til en front uten kufanger (Anderson et al., 2006).

I tillegg til at kufangere øker skadeomfanget ved påkjørsler, kan også ulykkesrisikoen og farten i ulykker være forskjellig mellom biler med og uten kufanger. Førere av biler med kufangere kan tenkes å ha en annen kjørestil enn førere av andre biler. En eldre fransk studie viste at en av de tre mest vanlige grunnene til å installere en kufanger er å kunne kjøre mer aggressivt (Page et al., 1984; de andre to grunnene var å unngå skader ved parkeringsulykker og å gjøre bilen visuelt mer attraktivt).

Kufangere er ofte montert slik at energien i sammenstøt ikke blir absorbert av kjøretøyets front, men i kjøretøyets ramme. Dette kan utsette fører / passasjerer for sterkere retardasjon og skaderisiko enn en bil uten kufanger. Et annet problem er at kollisjonsputer kan utløses i kollisjoner som er så lite alvorlige at kollisjonsputen ikke burde utløses. Kollisjonsputen kan forårsake unødvendige skader.

## 4.8 Elbiler

Det er ikke funnet studier som har sammenlignet ulykkesrisiko eller skaderisiko mellom elbiler og andre biler. I det følgende sammenfattes derfor hvordan ulike egenskaper ved elbiler kan påvirke trafikksikkerheten.

### 4.8.1 Kollisjonssikkerhet og sikkerhetssystemer

*Elbiler har i gjennomsnitt dårligere vurderinger for beskyttelse av voksnes sikkerhet i Euro NCAP testprogrammet enn andre biler innenfor alle kategoriene av personbil og det er færre elbiler som har en totalvurdering på fem Euro NCAP stjerner enn blant bensin- og diesebilene. Hybridbiler har i gjennomsnitt noe bedre testresultater enn bensin- og diesebilene.*

Det finnes en rekke tester av elbiler i testprogrammet Euro NCAP. I årene 2009-2017 er 11 elbiler og 10 hybridbiler testet i Euro NCAP. Blant elbilene er det kun 36% som oppnår fem stjerner i totalvurderingen, mens andelen med fem stjerner er 68% blant bensin- og diesebilene og 100% blant hybridbilene. Andelen som har fire eller fem stjerner er imidlertid omtrent like høy blant elbilene (91%) som blant bensin- og diesebilene (87%).

Tabell 9 viser testresultatene (prosentvurderingene) for beskyttelse av voksne førere og passasjerer i elbiler, hybridbiler og andre biler etter type bil (kun kategoriene med elbiler og/eller hybridbiler vises; totalen oppsummerer resultatene for alle kategoriene).

Tabell 9: Testresultater for ulike typer biler i Euro NCAP, prosentvurderingen for voksne førere og passasjerers sikkerhet, 2009-2017.

	Bensin/diesel		Hybrid		Elbil	
	N	Vurdering	N	Vurdering	N	Vurdering
Liten familiebil	68	88,3	4	87,8	4	83,0
Supermini	63	82,0	0		4	77,0
Liten van	39	81,3	0		2	79,5
Executive	14	89,6	0		1	82,0
Stor familiebil	33	88,3	3	90,7	0	
Liten SUV	37	86,7	2	85,0	0	
Stor SUV	12	90,5	1	91,0	0	
<b>Totalsum</b>	<b>297</b>	<b>85,0</b>	<b>10</b>	<b>88,4</b>	<b>11</b>	<b>80,1</b>

Som tabell 9 viser har elbiler i gjennomsnitt noe dårligere vurderinger for voksnes sikkerhet enn andre typer biler. Dette gjelder innenfor alle kategoriene. I gjennomsnitt har elbiler 6% færre poeng enn bensin- og diesebilene, mens hybridbiler i gjennomsnitt har 4% flere poeng.

## 4.8.2 Vekt

***Elbilene er i gjennomsnitt ca. 10-25% tyngre enn bensin-/dieselbiler i de samme kategoriene. Dette tilsier at elbiler gir bedre beskyttelse for personer i den egne bilen, men utgjør større risiko for motparten i kollisjoner enn bensin-/dieselbiler.***

Tidligere elbiler har vært veldig små og lette, og hadde dermed dårlig beskyttelse for passasjerene. Elbilene som er på markedet i dag, er ikke lenger like lette. Tabell 10 viser gjennomsnittsvekten til elbilene i ulike kategorier og bensin-/dieselbiler i de samme kategoriene (fem eller fire biler i disse kategoriene som er blant de 100 mest solgte bilmodellene i Norge i 2016). Relativ vekt til elbilene vises også (gjennomsnittsvekt til elbilene delt på gjennomsnittsvekt til diesel-/bensinbilene).

Tabell 10: Gjennomsnittsvekten til elbiler i ulike kategorier og bensin-/dieselbiler i de samme kategoriene, samt relativ vekt til elbilene.

	Elbil		Bensin/diesel		Rel. vekt elbil
	N	Vekt (kg)	N	Vekt (kg)	
Liten familiebil	4	1.467	5	1.234	1,19
Supermini	4	1.200	5	1.071	1,12
Liten van	2	1.577	4	1.415	1,11
Executive	1	2.100	4	1.680	1,25

Tallene i tabell 10 viser at elbilene i gjennomsnitt er mellom 11 og 25% *tyngre* enn andre biler. Et forbehold er at vekten til bensin-/dieselbilene ikke er basert på alle bilene eller et representativt utvalg, men på de mest solgte modellene som er vurdert av Euro NCAP i løpet av de siste årene. Eventuelle endringer i vekten over tid er det ikke tatt hensyn til. Selv om resultatene derfor er usikre, viser de likevel at elbilene ikke lenger generelt er lettere enn andre biler i de samme kategoriene. Likevel er de fleste elbilene i de letteste kategoriene. Det finnes per i dag ingen elbiler som er store familiebil, store van, SUVer eller pickuper.

Ut fra sammenhengen mellom bilenes vekt og skaderisiko (jf. avsnitt 4.6) tilsier vektforskjellene at elbiler gir bedre beskyttelse for personer i den egne bilen, men utgjør større risiko for motparten i kollisjoner enn bensin-/dieselbiler.

## 4.8.3 Elbiler og myke trafikanter

***Elbiler er oftere enn andre biler innblandet i kollisjoner med myke trafikanter, især på veier med lav fartsgrense og i kryss. Dette kan skyldes at elbilene lager mindre lyd ved lav fart enn andre biler, men elbiler kjører også mer i områder med myke trafikanter, lave fartsgrenser og kryss enn andre biler.***

Elbiler er mer stillegående enn andre biler, spesielt ved lav fart. Under 15-30 km/t er det som regel motorlyden som er høyest og ved slik lav fart lager elbilene følgelig mindre lyd enn andre biler. Ved høyere fart er det som regel dekkene som lager mest lyd (unntatt ved kraftige akselerasjoner) og her er forskjellen i lydnivået mellom elbiler og andre biler mindre (Brand et al., 2013; Sandberg et al., 2010). At elbiler lager lite lyd ved lav fart kan være en risiko for fotgjengere og syklister, spesielt for personer med nedsatt syn (Verheijen & Jabben, 2010; Morgan et al., 2011). Altinsoy (2013) viste at fotgjengere hører elbiler langt senere enn andre biler. I en naturalistisk dirivng studie i Berlin (Tyskland) viser Cocron et al. (2011) at de fleste konfliktene elbiler er innblandet i, skjer med fotgjengere eller syklister, som regel ved lav fart i kryss og lignende.

Flere studier viser at elbiler og hybridbiler oftere er innblandet i ulykker med fotgjengere og syklister enn biler med forbrenningsmotor. Wu et al. (2011; studien er en oppdatering av studien til Hanna, 2009) viser at hybridbiler har 35% høyere risiko for å være innblandet i ulykker med fotgjenger og 57% høyere risiko for å være innblandet med syklister enn biler med forbrenningsmotor. Risikøkningen for fotgjengerulykker er større:

- På veger med fartsgrense 35 mph (56 km/t) eller lavere (vs. høyere fartsgrense)
- I situasjoner hvor bilen svinger, stopper, rygger eller lignende (vs. når bilen kjører rett fram).

Resultatene for risikøkningen for sykkelulykker er omvendt, økningen er størst på veger med høyere fartsgrense og i situasjoner hvor bilen kjører rett fram (vs. svinger mv.). I studien til Morgan et al. (2011) har elbiler og hybridbiler 30% høyere risiko for å bli innblandet i ulykker med fotgjengere.

Forskjellene i ulykkesinnblandingen kan imidlertid (delvis) skyldes at elbiler og hybridbiler i større grad kjører i områder med mange fotgjengere og syklister enn biler med forbrenningsmotor.

Ifølge Sandberg et al. (2010) er stillegående motorer ikke bare et problem ved elbiler. Mange andre biler er i dag også svært stillegående, og det er ofte vanskelig eller umulig å høre forskjell mellom elbiler og andre biler i bytrafikk. Det finnes forsøk på å øke lydnivået eller gi varsellyder for å unngå kollisjoner med fotgjengere eller syklister (Brand et al., 2013; Parizet et al., 2013). Påbud om lyd ved kjøring i lav hastighet gjelder i EU fra 2019.

#### 4.8.4 Brannsikkerhet

***Batteriene i elbiler kan potensielt medføre brannfare, men det er ikke funnet empiriske studier som har undersøkt dette.***

Batteriene i elbiler kan potensielt medføre brannfare i spesielle situasjoner (overoppvarming, kortslutning, overlading; Wu et al., 2013). I tillegg kan både personer i bilen og redningspersonell etter ulykker potensielt bli utsatt for elektriske støt, farlige kemikalier og gasser (Paine et al., 2011). Elbiler er imidlertid utstyrt med brytere som kobler fra batteriet ved ulykker. I kollisjonsforsøk er det hittil ikke rapportert om situasjoner hvor batteriet eller bilen tok fyr (euroncap.com).

En forskjell til andre biler er at risikoen for brann, kortslutning og berøringsfraser også er tilstede når bilen er til lading. Ladingen skjer normalt uten tilsyn mens fylling av drivstoff i vanlige biler bare er mulig når bilfører er tilstede. Sikkerhetssystemer i elbilen og laderen skal ivareta denne problematikken gjennom overvåking av ladeprosessen, temperatur i batteriet og at jording mellom bil og kraftnettet er tilstede. Dersom en feil oppstår, vil laderen automatisk frakobles.

Det er ikke funnet empiriske studier som har undersøkt forskjeller mellom elbiler og andre biler mht. brannsikkerhet i (ekte) ulykker.

## 5 Virkning på fremkommeligheten

### **Kollisjonssikkerhet**

Det er ikke dokumentert noen direkte effekter av bilenes kollisjonssikkerhet på fremkommeligheten.

### **Bilenes vekt**

Det er ikke dokumentert noen direkte effekter av bilenes vekt på fremkommeligheten. En indirekte effekt kan teoretisk være at vektfordelingen i bilparken påvirker kjørefarten slik at denne blir mer jevn i en bilpark med mindre vektforskjeller. Jevnere fart kan medføre bedre trafikkavvikling og færre forbikjøringer. Slike virkninger er indirekte og ikke empirisk dokumentert.

### **Kjøretøyenes kompatibilitet ved ulykker**

Kjøretøyenes kompatibilitet i seg selv har ingen dokumentert virkning på fremkommeligheten. Kjøretøy med høy bakkeklaring som SUVer og pickuper har bedre fremkommelighet på humpete vegger hvor personbiler har for lite bakkeklaring.

### **Elbiler**

Elbiler har kortere rekkevidde enn andre biler. De fleste elbiler har i dag en rekkevidde på omtrent 80-150 km avhengig av kjøremønster og årstid. Enkelte modeller har en rekkevidde på opptil 400 km. Lading av en elbil tar normalt ca. 9 timer, og hurtiglading tar ca. 30 min. til 80% av full ladet batteri. Det finnes et økende antall hurtigladestasjoner i større byer og til dels mellom byene. Totalt er det ca. 130 hurtigladepunkter i Norge (Figenbaum & Kolbenstvedt, 2013).

En studie blant elbileiere i Norge i 2014 viste at det er flere som kjører mer bil og som sjeldnere går, sykler eller reiser kollektivt etter at de skaffet seg en elbil enn omvendt (Figenbaum & Kolbenstvedt, 2014). Et økende antall elbiler kan forsterke eksisterende trafikkavviklingsproblemer og dermed redusere fremkommeligheten, spesielt i byområder hvor det er størst andel elbiler. Elbiler har i Norge på nåværende tidspunkt bedre fremkommelighet enn andre biler på strekninger med kollektivfelt da de har lov å kjøre i kollektivfeltet. Dette kan imidlertid redusere fremkommeligheten for kollektivtrafikken på disse strekningene.

## 6 Virkning på miljøforhold

### **Kollisjonssikkerhet**

Enkelte tiltak for bedre kollisjonssikkerhet øker bilens vekt. SUVer og pickuper er i gjennomsnitt tyngre enn personbiler. Økning av bilers vekt øker, hvis alt annet er lik, drivstofforbruket og de avgassutslipp som har direkte sammenheng med drivstofforbruket.

### **Bilenes vekt**

Endringer i bilers vekt kan påvirke miljøforhold, fordi det er en sammenheng mellom bilers vekt og drivstofforbruk. En reduksjon av bilers vekt med 10% medfører i gjennomsnitt en reduksjon av drivstofforbruket med mellom 6 og 7% (Cheah et al., 2007). Studien til Tolouei og Titheridge (2009) viser at effekten av vekt på drivstofforbruket er større:

- I dieslbiler enn i bensinbiler
- I biler med automatgir enn med manuell gir
- Utenfor tettbygd strøk enn i tettbygd strøk.

### **Kjøretøyenes kompatibilitet ved ulykker**

Kjøretøyenes kompatibilitet i seg selv har ingen dokumentert virkning på miljøforhold, men kan teoretisk ha betydning for luftmotstanden og dermed drivstofforbruket.

### **Elbiler**

Sammenlignet med biler med forbrenningsmotor har elbiler en rekke effekter på miljøforhold som er beskrevet i det følgende. Virkningene på miljøforhold er i nærmere detalj beskrevet i tiltakskatalog.no (Hagman & Kolbenstvedt, 2016).

**Støy:** Elbiler lager mindre støy enn andre biler, spesielt ved lav fart. Når farten er under 30 km/t er det normalt motorlyden som er høyest og ved slik lav fart er forskjellen i lydnivået mellom elbiler og andre biler derfor størst. Fra omtrent 30 km/t er det dekkene som produserer mest lyd, også på andre typer biler (Brand et al., 2013). Over ca. 30-50 km/t lager elbiler omtrent like mye støy som andre biler (Verheijen & Jabben, 2010, Hagman & Kolbenstvedt, 2013; COMPett<sup>1</sup>).

**Lokale utslipp:** Elbiler produserer ingen utslipp og medfører derfor ingen lokal luftforurensning (Buekers et al., 2014). Dette er en fordele framfor biler (og busser) med forbrenningsmotor, men ikke framfor gåing, sykling og kollektivtrafikk med trikk, tog eller T-bane.

---

<sup>1</sup> [http://www.compett.org/documents/wp\\_3\\_report\\_noise\\_from\\_electric\\_vehicles\\_a\\_literature\\_survey.pdf](http://www.compett.org/documents/wp_3_report_noise_from_electric_vehicles_a_literature_survey.pdf)  
[http://www.compett.org/documents/WP\\_3\\_report\\_-\\_Noise\\_from\\_electric\\_vehicles\\_-\\_Measurements.pdf](http://www.compett.org/documents/WP_3_report_-_Noise_from_electric_vehicles_-_Measurements.pdf)



**Strømproduksjon:** Miljøeffektene av strømproduksjonen avhenger av måten strømmen produseres på (Buekers et al., 2014). Strømproduksjon er en del av EUs kvotemarked for klimagassutslipp. Det er et tak på antall kvoter. Det betyr at det er et tak også på mengden utslipp. Hvis strømforbruket øker ved at elbiler erstatter andre biler, vil strømmen måtte være fornybar eller det må gjennomføres tiltak et eller annet sted i de sektorene som er kvotepliktige svarende til de økte utslippene fra strømmen som elbilene benytter. Nettoeffekten er at elbiler ikke gir opphav til økte utslipp fra strømproduksjon. I tillegg har elbiler en mye bedre virkningsgrad for fremdrift, dvs. at elbiler bruker mindre energi til fremdriften enn biler med forbrenningsmotor.

**Batterier:** Batteriene må først produseres, deretter benyttes i elbilene og eventuelt etterbrukes i annen sektor (for eksempel som nødstrømsforsyning) før de resirkuleres eller materialene gjenvinnes på annen måte.

**Trafikkmiljø:** Hvis insentiver for elbiler gjør at flere kjører elbil istedenfor å sykle eller reise kollektivt, vil dette i lengden medføre mer køer og trafikkavviklingsproblemer. Økt antall biler i bytrafikken kan gjøre det mindre attraktivt å sykle og elbiler i kollektivfelt kan gjøre bussreiser mindre attraktive. Dette kan øke lokale miljøproblemer dersom mange velger å kjøre bil (med forbrenningsmotor) istedenfor å sykle eller å ta bussene.

## 7 Nytte-kostnadsvurderinger

### 7.1 Kostnader

#### **Kollisjonssikkerhet**

Det foreligger ingen aktuelle kostnadstall for tiltak som bedrer bilenes kollisjonssikkerhet. Testing av biler i Euro NCAP er delvis finansiert av medlemmene i programmet (ministerier og automobilklubber fra flere Europeiske land, se eurocnap.com) og delvis av bilprodusentene og dermed indirekte av bilkjøperne. Det er ikke kjent hvilken andel av bilenes produksjonskostnader eller salgspris kollisjonstesting utgjør, eller hvilke kostnader som er knyttet til å forbedre bilenes kollisjonssikkerhet mht. testingen.

#### **Bilenes vekt**

Tynge biler er ofte dyrere enn lettere biler, men bilpriser avhenger av mange andre faktorer enn vekten. Det foreligger ikke konkret informasjon om kostnadene knyttet til bilenes vekt eller kostnadstall for tiltak som påvirker vektfordelingen i bilparken.

#### **Kjøretøyenes kompatibilitet ved ulykker**

Det foreligger ikke konkrete kostnadstall for tiltak for å øke kjøretøyenes kompatibilitet ved ulykker.

#### **Elbiler**

Elbiler er i utgangspunktet betydelig dyrere å produsere enn vanlige biler. I småbilklassen kan ekstrakostnaden i forhold til en bensinbil estimeres til ca. 50% i starten av 2015. I og med at elbiler er fritatt for engangsavgift og MVA i Norge vil prisen til forbrukerne være omtrent lik i denne størrelsesklassen. I større elbiler vil avgiftsfritakene slå sterkere ut og elbilen bli det rimeligste alternativet (Figenbaum & Kolbenstvedt, 2015).

### 7.2 Forholdet mellom nytte og kostnader

#### **Kollisjonssikkerhet**

Det foreligger ingen nytte-kostnadsanalyser som kan si noe om forholdet mellom nytte og kostnader av de tiltak som er beskrevet i dette kapitlet. Elvik et al. (2009) har derfor laget en del regneeksempler for å belyse mulige virkninger av noen enkelte tiltak. Disse viser følgende nytte-kostnadsbrøk:

- Ettergivende rattstamme: 16,7
- Laminert frontrute: 30
- Hodestøtter: 1,4
- Avstivingsbjelker i dørene: 0,95.

### **Bilenes vekt**

Det er ikke gjort nytte-kostnadsberegninger for tiltak for å regulere bilers vekt.

### **Kjøretøyenes kompatibilitet ved ulykker**

Det er ikke gjort nytte-kostnadsberegninger for tiltak for å øke kjøretøyenes kompatibilitet ved ulykker.

### **Elbiler**

På kort sikt vil elbiler være kostbare som klimatiltak dersom alle fordelene regnes som insentiver. I et lengre tidsperspektiv der norske utslipp skal reduseres til et tilstrekkelig lavt nivå til at 2°C målet for klimapolitikken skal kunne nås, må deler av bilparken over på elektrisitet eller hydrogen produsert fra fornybare energikilder. Dagens elbilpolitikk bidrar til et globalt elbilmarked der bilprodusentene får testet ut teknologien og innovasjons- og markedsprosesser som kan lede til forbedret teknologi og reduserte kostnader kommer i gang. Dette vil lede til bedre og billigere elbiler i framtiden.

## 8 Formelt ansvar og saksgang

### 8.1 Kollisjonssikkerhet

#### **Initiativ til tiltaket**

Initiativ til nye krav til bilers kollisjonssikkerhet kan bli tatt av vegmyndighetene, av bilbransjen, eller som følge av norsk deltakelse i internasjonalt kjøretøyteknisk samarbeid etter EØS-avtalen. De krav som stilles utformes av Vegdirektoratet og inngår i Kjøretøyforskriften.

#### **Formelle krav og saksgang**

Kjøretøyforskriften regnes som forskrift ifølge forvaltningsloven og må dermed utarbeides i samsvar med forvaltningslovens regler for behandling av forskrifter. Dette innebærer blant annet at berørte interesser skal gis mulighet til å uttale seg på forhånd. Blant berørte interesser når det gjelder Kjøretøyforskrifter hører bilbransjen.

#### **Ansvar for gjennomføring av tiltaket**

Krav til nye biler er myntet på dem som produserer og importerer biler. Ansvar for å gjennomføre disse kravene vil derfor tilligge bilbransjen i samarbeid med vegmyndighetene.

### 8.2 Vekt

#### **Initiativ til tiltaket**

Et initiativ til eventuelle tiltak for å regulere bilers vekt må tas av vegmyndighetene, eller av skatte- og avgiftsmyndighetene. Det finnes i dag ingen direkte regulering av bilers vekt i Norge. Indirekte blir dette regulert ved utformingene av bilavgiftene. Avgiftssatsene bygger delvis på bilens vekt. Tyngre biler pålegges større avgifter enn lettere biler.

#### **Formelle krav og saksgang**

Spørsmålet om endringer i bilavgiftene utredes av Finansdepartementet og fremmes for Stortinget som regel gjennom forslag til nytt Statsbudsjett.

#### **Ansvar for gjennomføring av tiltaket**

Statens vegvesen samt politiet har myndighet og ansvar for å påse at ulovlige kjøretøy ikke ferdes i trafikken.

## 8.3 Kompatibilitet

### **Initiativ til tiltaket**

Endringer i kjøretøyforskriften vedtas av Vegdirektoratet etter samråd med bilbransjen og interesseorganisasjoner i sektoren.

### **Formelle krav og saksgang**

Kjøretøyforskriften regnes som forskrift ifølge forvaltningsloven og må dermed utarbeides i samsvar med forvaltningslovens regler for behandling av forskrifter. Dette innebærer blant annet at berørte interesser skal gis mulighet til å uttale seg på forhånd. Blant berørte interesser når det gjelder Kjøretøyforskrifter hører bilbransjen.

### **Ansvar for gjennomføring av tiltaket**

Vedtak om endring i kjøretøyforskriften fattes av Vegdirektoratet. Vegdirektoratet utsteder typegodkjenninger og fører kontroll med at disse etterleveres. Statens vegvesen og politiet utfører teknisk kontroll av kjøretøy og ilegger sanksjoner for overtredelser av bestemmelsene.

## 8.4 Elbiler

### **Initiativ til tiltaket**

Insentivene til elbiler er forankret i klimapolitikken i Regjeringen, i Stortinget og i klimaforliket som alle partiene (unntatt Frp) inngikk i 2012.

### **Formelle krav og saksgang**

De fleste insentivene for elbiler er hjemlet i nasjonale forskrifter eller lover eller i det årlige Statsbudsjettets vedtak i Stortinget. Førstnevnte gjelder gratis parkering, gratis bomveger, reduserte fergetakster og tilgang til kollektivfeltet som alle sammen sorterer under Samferdselsdepartementet. Sistnevnte gjelder avgiftsfritakene som elbilene nyter godt av som i realiteten fornyes hvert år i Sttingsproposisjon 1 fra Finansdepartementet.

### **Ansvar for gjennomføring av tiltaket**

Ansvar for sikkerheten til elbiler er delt ved at Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap (DSB) har det formelle ansvaret for krav til sikkerhet til elektroteknisk utstyr mens Statens vegvesen har ansvaret for å følge opp tekniske krav til kjøretøyer. EUs reguleringer og direktiver som løpende tas inn i norske kjøretøyforskrifter omhandler i økende grad alle relevante krav til elbilers sikkerhet, også den elektriske, slik at Statens vegvesen sitter med hovedansvaret. DSB har ansvaret for de tekniske kravene til, og godkjenning av, ladestasjoner som er fastmontert til strømmettet.

## 9 Referanser

- Abdel-Aty, M., & Abdelwahab, H. (2004). Analysis and prediction of traffic fatalities resulting from angle collisions including the effect of vehicles' configuration and compatibility. *Accident Analysis & Prevention*, 36(3), 457-469.
- Acierno, S., Kaufman, R., Rivara, F. P., Grossman, D. C., & Mock, C. (2004). Vehicle mismatch: injury patterns and severity. *Accident Analysis & Prevention*, 36(5), 761-772.
- Adminaite, D. J., Stipdonk, G., & Ward, H. (2016). How safe are new cars sold in the EU?: an analysis of the market penetration of EURO NCAP-rated cars. PIN Flash Report 30. European Transport Safety Council.
- Adolph, T., Ott, J., Eickhoff, B., & Johannsen, H. (2015). What is the Benefit of the Frontal Mobile Barrier Test Procedure? Paper presented at the Proceedings of the 24th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), NHTSA, Gothenburg.
- Altinsoy, E. (2013). The detectability of conventional, hybrid and electric vehicle sounds by sighted, visually impaired and blind pedestrians. Paper presented at the Proceedings of the Internoise.
- Anderson, M. L., & Auffhammer, M. (2014). Pounds that kill: The external costs of vehicle weight. *The Review of Economic Studies*, 81(2), 535-571.
- Anderson, R. W. G., & Searson, D. J. (2015). Use of age-period-cohort models to estimate effects of vehicle age, year of crash and year of vehicle manufacture on driver injury and fatality rates in single vehicle crashes in New South Wales, 2003–2010. *Accident Analysis & Prevention*, 75, 202-210.
- Anderson, M. (2008). Safety for whom? The effects of light trucks on traffic fatalities. *Journal of Health Economics*, 27(4), 973-989.
- Anderson, R. W. G., Van den Berg, A. L., Ponte, G. & Streeter, L. D. (2006). Performance of bull bars in pedestrian impact tests. CASR Report Series CASR020. The University of Adelaide, Australia.
- Anderson, R., Hutchinson, T., & Ponte, G. (2013). The Impact of changes in the Australian light vehicle fleet on crashworthiness and crash outcomes. Austroads Research Report AP-R428-13.
- Augenstein, J., Perdeck, E., Mostafa, K., Digges, K., Bahouth, G., & Morgan, R. (2005). The role of intrusion in injury causation in frontal crashes. SAE Technical Paper 2005-01-1376.
- Austin, R. (2005). Vehicle aggressiveness in real world crashes. Paper presented at the 19th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles. Washington.
- Baker, B. C., Nolan, J. M., O'Neill, B., & Genetos, A. P. (2008). Crash compatibility between cars and light trucks: Benefits of lowering front-end energy-absorbing structure in SUVs and pickups. *Accident Analysis & Prevention*, 40(1), 116-125.

- Ballesteros, M. F., Dischinger, P. C., & Langenberg, P. (2004). Pedestrian injuries and vehicle type in Maryland, 1995–1999. *Accident Analysis & Prevention*, 36(1), 73-81.
- Barbat, S., Li, X., & Prasad, P. (2005). A comparative analysis of vehicle-to-vehicle and vehicle-to-rigid fixed barrier frontal impacts. In S. H. Backaitis (Ed.), *Vehicle compatibility in automotive crashes*. PT-102. Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, Inc.
- BAST. (1996). Gefährliche Frontschutzbügel an Geländefahrzeugen. *Wissenschaftliche Informationen der Bundesanstalt für Straßenwesen*, 5/96.
- Bédard, M., Guyatt, G. H., Stones, M. J., & Hirdes, J. P. (2002). The independent contribution of driver, crash, and vehicle characteristics to driver fatalities. *Accident Analysis & Prevention*, 34(6), 717-727.
- Bento, A., Gillingham, K., & Roth, K. (2017). The Effect of Fuel Economy Standards on Vehicle Weight Dispersion and Accident Fatalities. *National Bureau of Economic Research Working Paper No. 23340*.
- Bisagni, C., Di Pietro, G., Fraschini, L., & Terletti, D. (2005). Progressive crushing of fiber-reinforced composite structural components of a Formula One racing car. *Composite Structures*, 68(4), 491-503.
- Björketun, U. (1992). Fordonsfaktorer. Upublisert rapportmanuskript datert 1992-04-02. Väg- og trafikinstitutet (VTI), Linköping.
- Bjørnskau, T. (2015). Risiko i vegtrafikken 2013-2014. TØI-Rapport 1448/2016. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Blows, S., Ivers, R. Q., Woodward, M., Connor, J., Ameratunga, S., & Norton, R. (2003). Vehicle year and the risk of car crash injury. *Injury Prevention*, 9(4), 353-356.
- Brand, S., Petri, M., Haas, P., Krettek, C., & Haasper, C. (2013). Hybrid and electric low-noise cars cause an increase in traffic accidents involving vulnerable road users in urban areas. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 20(4), 339-341.
- Braver, E. R., Zador, P. L., Thum, D., Mitter, E. L., Baum, H. M. & Vilardo, F. J. (1997). Tractor-trailer crashes in Indiana: A case-control study of the role of truck configuration. *Accident Analysis & Prevention*, 29(1), 79-96.
- Broughton, J. (1995). The likely effects of downsizing on driver casualties in two-car accidents. *TRL Report Project SR54*. Crowthorne.
- Broughton, J. (1996). Further aspects of the British index of secondary car safety. *Accident Analysis and Prevention*, 28, 791-798.
- Broughton, J. (2008). Car driver casualty rates in Great Britain by type of car. *Accident Analysis & Prevention*, 40(4), 1543-1552.
- Broughton, J. (2012). The influence of car registration year on driver casualty rates in Great Britain. *Accident Analysis & Prevention*, 45, 438-445.
- Brumbelow, M. L., & Zuby, D. S. (2009). Impact and injury patterns in frontal crashes of vehicles with good ratings for frontal crash protection. *Proceedings of the 21st International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles*.
- Buekers, J., Van Holderbeke, M., Bierkens, J., & Int Panis, L. (2014). Health and environmental benefits related to electric vehicle introduction in EU countries. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 33, 26-38.

- Buzeman, D. G., Viano, D. C., & Lövsund, P. (1998). Car occupant safety in frontal crashes: a parameter study of vehicle mass, impact speed, and inherent vehicle protection. *Accident Analysis & Prevention*, 30(6), 713-722.
- Campbell, B. J. & Reinfurt, D. W. (1973). Relationship between driver crash injury and passenger car weight. Chapel Hill, NC, Highway Safety Research Center, University of North Carolina.
- Chauvel, C., Faverjon, G., Bertholon, N., Cuny, S., & Delannoy, P. (2011). Self-protection and Partnerprotection for new vehicles (UNECE R 94 Amendment). Paper presented at the 22nd Enhanced Safety Vehicle Conference.
- Cheah, L., Evans, C., Bandivadekar, A., & Heywood, J. (2007). Factor of two: halving the fuel consumption of new US automobiles by 2025. Publication No. LFEE 2007-04 RP. Laboratory for Energy and Environment. Massachusetts Institute of Technology. 77 Massachusetts Avenue Cambridge, MA 02139, USA.
- Chen, T., & Kockelman, K. (2012). Roles of Vehicle Footprint, Height, and Weight in Crash Outcomes: Application of a Heteroscedastic Ordered Probit Model. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(2280), 89-99.
- Choi, S., Oh, C., Yun, Y.-W., & Park, G.-J. (2014). Assessing the Safety Benefit of Advanced Vehicular Technology for Protecting Pedestrians: Pedestrian Protection Airbags. *Transportation Research Record*, 2464, 52-58.
- Christensen, P. (2003). Topics in meta-analysis. TØI-Rapport 692/2003. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Cocron, P., Bühler, F., Franke, T., Neumann, I., & Krems, J. F. (2011). The silence of electric vehicles—blessing or curse. Paper presented at the Proceedings of the 90th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.
- Crocetta, G., Piantini, S., Pierini, M., & Simms, C. (2015). The influence of vehicle front-end design on pedestrian ground impact. *Accident Analysis & Prevention*, 79, 56-69.
- Desapriya, E., Kerr, J. M., Hewapathirane, D. S., Peiris, D., Mann, B., Gomes, N., . . . Jones, J. (2012). Bull Bars and Vulnerable Road Users. *Traffic Injury Prevention*, 13(1), 86-92.
- Desapriya, E., Subzwari, S., Sages, D., Basic, A., Alidina, A., Turcotte, K., & Pike, I. (2010). Do Light Truck Vehicles (LTV) Impose Greater Risk of Pedestrian Injury Than Passenger Cars? A Meta-analysis and Systematic Review. *Traffic Injury Prevention*, 11(1), 48-56.
- Digges, K., Dalmotas, D., & Prasad, P. (2013). An NCAP star rating system for older occupants. Paper presented at the The 23rd International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), Seoul, Republic of Korea.
- DiMaggio, C., Durkin, M., & Richardson, L. D. (2006). The association of light trucks and vans with paediatric pedestrian deaths. *Int J Inj Contr Saf Promot*, 13(2), 95-99.
- Durbin, D. R., Jermakian, J. S., Kallan, M. J., McCartt, A. T., Arbogast, K. B., Zonfrillo, M. R., & Myers, R. K. (2015). Rear seat safety: Variation in protection by occupant, crash and vehicle characteristics. *Accident Analysis & Prevention*, 80, 185-192.
- Ebben, W. P., & Suchomel, T. J. (2012). Physical Demands, Injuries, and Conditioning Practices of Stock Car Drivers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(5), 1188-1198.



- Eluru, N., Bhat, C. R., & Hensher, D. A. (2008). A mixed generalized ordered response model for examining pedestrian and bicyclist injury severity level in traffic crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 40(3), 1033-1054.
- Elvik, R., Høy, A., Vaa, T., & Sørensen, M. (2009). *The handbook of road safety measures*. Bingley, UK: Emerald.
- Elvik, R. (2013). A re-parameterisation of the Power Model of the relationship between the speed of traffic and the number of accidents and accident victims. *Accident Analysis & Prevention*, 50, 854-860.
- Esfahani, E. S., Marzougui, D., Digges, K., & Kan, C. D. (2011). Effect of increase in weight and stiffness of vehicles on the safety of rear seat occupants. *International Journal of Crashworthiness*, 16(3), 309-318.
- Evans, L. & P. Wasielewski. (1987). Serious or fatal driver injury rate versus car mass in head-on crashes between cars of similar mass. *Accident Analysis and Prevention*, 19, 119-131.
- Evans, L. (1990). Discussion of «The problem of compatibility in car-to-car collisions» by Thomas et al. 34th Annual Proceedings of Association for the Advancement of Automotive Medicine, 269-273, October 1-3, 1990, Scottsdale, Arizona.
- Evans, L. & M. C. Frick. (1992). Driver fatality risk in two-car crashes - dependence on masses of driven and striking car. Paper 920480. 71st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington DC.
- Evans, L. (1994). Driver injury and fatality risk in two-car crashes versus mass ratio inferred using Newtonian mechanics. *Accident Analysis & Prevention*, 26(5), 609-616.
- Farmer, C. M., Braver, E. R. & Mitter, E. L. (1997). Two-vehicle side impact crashes: The relationship of vehicle and crash characteristics to injury severity. *Accident Analysis & Prevention*, 29(3), 399-406.
- Farmer, C. (2005). Relationships of Frontal Offset Crash Test Results to Real-World Driver Fatality Rates. *Traffic Injury Prevention*, 6, 31-37.
- Farmer, C. M., & Lund, A. K. (2006). Trends Over Time in the Risk of Driver Death: What If Vehicle Designs Had Not Improved? *Traffic Injury Prevention*, 7(4), 335-342.
- Farmer, C. M., & Lund, A. K. (2015). The Effects of Vehicle Redesign on the Risk of Driver Death. *Traffic Injury Prevention*, 16(7), 684-690.
- Figenbaum, E. & Kolbenstvedt, M. (2013). Elektromobilitet i Norge – erfaringer og muligheter med elkjøretøy. TØI-Rapport 1276/2013. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Figenbaum, E. & Kolbenstvedt, M. (2014). Electric Vehicles – environmental, economic and practical aspects. As seen by current and potential users. TØI-Rapport 1392/2014. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Figenbaum, E. & Kolbenstvedt, M. (2015). Pathways to electromobility - perspectives based on Norwegian experiences. TØI-Rapport 1420/2015. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Figler, B. D., Mack, C. D., Kaufman, R., Wessells, H., Bulger, E., Smith III, T. G., & Voelzke, B. (2014). Crash test rating and likelihood of major thoracoabdominal injury in motor vehicle crashes: The new car assessment program side-impact crash test, 1998–2010. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 76(3), 750-754.

- Fildes, B.N., Lee, S.J., Lane, J.C. (1993). *Vehicle Mass, Size and Safety*. Melbourne, Australia: Monash University Accident Research Centre; 1993. Report No: CR133.
- Flanagan, C. A. C., Balint, A., Klinich, K. D., Sander, U., Manary, M. A., Cuny, S., . . . Fagerlind, H. (2015). *Comparing Motor-Vehicle Crash Risk of EU and US Vehicles Report UMTRI-2015-1*. University of Michigan Transportation Research Institute.
- Fosser, S. (1979). *Underkjøringshinder på godsbiler. En analyse av mulighetene for å redusere skadeomfanget mellom godsbiler og andre trafikanter*. Rapport. Oslo, Transportøkonomisk institutt.
- Fosser, S., Christensen, P., & Fridstrøm, L. (1999). Older cars are safer. 10th International Conference Traffic Safety on Two Continents, 245–251.
- Fredette, M., Mambu, L. S., Chouinard, A., & Bellavance, F. (2008). Safety impacts due to the incompatibility of SUVs, minivans, and pickup trucks in two-vehicle collisions. *Accident Analysis & Prevention*, 40(6), 1987-1995.
- Fredriksson, R., & Rosén, E. (2012). Integrated pedestrian countermeasures – Potential of head injury reduction combining passive and active countermeasures. *Safety Science*, 50(3), 400-407.
- Fredriksson, R., Ranjbar, A., & Rosén, E. (2015). *Integrated Bicyclist Protection Systems- Potential of Head Injury Reduction Combining Passive and Active Protection Systems*. Paper presented at the 24th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), Gothenburg, SE.
- Fridstrøm, L. & Østli, V. (2016). *Kjøretøyparkens utvikling og klimagassutslipp. Framskrivinger med modellen BIG. TØI-Rapport 1518/2016*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Friedman, D., Jimenez, J. A., & Paver, J. (2013). *Predicting a Vehicle's Dynamic Rollover Injury Potential from Static Measurements*. Paper presented at the Proceedings of the 23rd International Technical Conference on Enhanced Safety of Vehicles, Seoul, Korea, <http://www.nhtsa.gov/my/ESV>.
- Fuji, S., Fukushima, M., Abe, A., Ogawa, S., Fujita, H., Sunakawa, T., & Tanaka, Y. (2005). *Vehicle front structures in consideration of compatibility*. In S. H. Backaitis (Ed.), *Vehicle compatibility in automotive crashes*. PT-102. Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, Inc.
- Gabler, H. C., & Hollowell, W. T. (1998). *The aggressivity of light trucks and vans in traffic crashes*. SAE Technical Paper 980908.
- Gabler, H. C. & Hollowell, W. T. (2000). *The crash compatibility of cars and light trucks*. *Traffic Injury Prevention*, 2(1), 19-31.
- Gayer, T. (2004). *The Fatality Risks of Sport-Utility Vehicles, Vans, and Pickups Relative to Cars*. *The Journal of Risk and Uncertainty*, 28(2), 103–133.
- Gaylor, L., del Fueyo, R. S., & Junge, M. (2016). *Crashworthiness Improvements of the Vehicle Fleet*. Paper presented at the IRCOBI Conference Proceedings.
- Glassbrenner, D. (2012). *An Analysis of Recent Improvements to Vehicle Safety*. Report DOT HS 811 572. Mathematical Analysis Division, National Center for Statistics and Analysis National Highway Traffic Safety Administration.
- Grime, G & Hutchinson, T.P. (1979). *Vehicle mass and driver injury*. *Ergonomics* 22, 93-104.

- Gupta, V., & Yang, K. H. (2013). Effect of vehicle front end profiles leading to pedestrian secondary head impact to ground. *Stapp car crash journal*, 57, 139-155.
- Hagman, R. & Kolbenstvedt, M. (2016). Elektrifisering av bilparken. <http://www.tiltak.no/c-miljoeteknologi/c1-drivstoff-og-effektivisering/c-1-4/>
- Hanna, R. (2009). Incidence of Pedestrian and Bicyclist Crashes by Hybrid Electric Passenger Vehicles. Report DOT HS 811 204. Office of Traffic Records and Analysis Mathematical Analysis Division.
- Harless, D.W. & Hoffer, G.E. (2007). Do laboratory frontal crash test programs predict driver fatality risk? Evidence from within vehicle line variation in test ratings. *Accident Analysis and Prevention*, 39, 902–913.
- Harms, P. L. (1992). Crash injury investigation and injury mechanisms in road traffic accidents. State-of-the-art review. HMSO, 1992 (on behalf of the Transport Research Laboratory). London.
- Hashemi, S. M. R., Walton, A. C., & Anderson, J. C. (2006). DfT support for VC-COMPAT (Improvement of Vehicle Crash Compatibility Through the Development of Crash Test Procedures). Bedford, UK: Cranfield Impact Centre.
- Henary, B., Crandall, J., Bhalla, K., Mock, C., & Roudsari, B. S. (2003). Child and Adult Pedestrian Impact: The Influence of Vehicle Type on Injury Severity. *Annu Proc Assoc Adv Automot Med*, 2003(47).
- Holland, A. J., Liang, R. W., Singh, S. J., Schell, D. N., Ross, F. L., & Cass, D. T. (2000). Driveway motor vehicle injuries in children. *Med J Aust*, 173(4), 192-195.
- Huang, H., Siddiqui, C., & Abdel-Aty, M. (2011). Indexing crash worthiness and crash aggressivity by vehicle type. *Accident Analysis & Prevention*, 43(4), 1364-1370.
- Huang, H., Hu, S., & Abdel-Aty, M. (2014). Indexing crash worthiness and crash aggressivity by major car brands. *Safety Science*, 62, 339-347.
- Hutchinson, T. P., & Anderson, R. W. G. (2011). Smaller cars: Not to be feared. 34th Australasian Transport Research Forum, Adelaide, South Australia, 28 - 30 September 2011.
- Hutchinson, T. P., & Anderson, R. W. G. (2013). Driver injury severity related to car mass and car year. In: Hutchinson, T. P., & Anderson, R. W. G. *The Impact of Changes in the Australian Light Vehicle Fleet on Crashworthiness and Crash Outcomes*. Report AP-R428-13. Austroads.
- Høye, A., Bjørnskau, T., & Elvik, R. (2014). Hva forklarer nedgangen i antall drepte og hardt skadde i trafikken fra 2000 til 2012? TØI-Rapport 1299/2014. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Høye, A. (2016). How would increasing seat belt use affect the number of killed or seriously injured light vehicle occupants? *Accident Analysis & Prevention*, 88(Supplement C), 175-186.
- Høye, A. (2017A). Dybdestudier av fartsrelaterte ulykker ved bruk av UAG-data. TØI-Rapport 1569/2017. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Høye, A. (2017B). Bilalder og risiko. TØI-Rapport 1607/2017. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- IIHS (2008). RCAR-IIWPG Seat/Head Restraint Evaluation Protocol (Version 3). Insurance Institute for Highway Safety.

- IIHS (2010). Bumper mismatch is still a problem. Insurance Institute for Highway Safety, Status Report, 46 (12), 1-3.
- Inomata, Y., Iwai, N., Maeda, Y., Kobayashi, S., Okuyama, H., & Takahashi, N. (2009). Development of the pop-up engine hood for pedestrian head protection. Paper presented at the 21st International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV 2009).
- Jacobsen, M. R. (2013). Fuel economy and safety: The influence of vehicle class and driver behavior. *American Economic Journal: Applied Economics*, 5, 1-26.
- Joksch, H., Massie, D. & Pilcher, R. (1998). Vehicle aggressivity: fleet characterization using traffic collision data. Report DOT HS 808 679. National Highway Traffic Safety Administration.
- Joksch, H. C. (1999). Vehicle design vs. aggressivity. Report DOT HS 809 194. Ann Arbor, University of Michigan Transportation Research Institute.
- Jones, I.S. & Whitfield, R.A. (1988). Predicting injury risk with New Car Assessment Program crashworthiness ratings. *Accident Analysis and Prevention*, 20, 411-419.
- Kahane, C. J. (1994). Correlation of NCAP performance with fatality risk in actual head-on collisions. Report DOT HS 808 061. US Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, Washington DC.
- Kahane, C. J. (1997). Relationships between vehicle size and fatality risk in model year 1985-1993 passenger cars and light trucks. Report DOT HS 808 570, National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), Department of Transportation, Washington, DC.
- Kahane, C. J. (2003). Vehicle weight, fatality risk and crash compatibility of model year 1991-99 passenger cars and light trucks. Report DOT HS 809 662. Washington DC: National Highway Traffic Safety Administration.
- Kahane, C. J. (2010). Relationships Between Fatality Risk, Mass, and Footprint in Model Year 1991-1999 and Other Passenger Cars and LTVer, Final Regulatory Impact Analysis: Corporate Average Fuel Economy for MY 2012-MY 2016 Passenger Cars and Light Trucks. Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration, pp. 464-542,
- Kahane, C. J. (2012). Relationships Between Fatality Risk, Mass, and Footprint in Model Year 2000-2007 Passenger Cars and LTVer. Report DOT HS 811 665. NHTSA Technical Report. Washington DC: Office of Vehicle Safety, National Highway Traffic Safety Administration.
- Kahane, C. J. (2015). Lives Saved by Vehicle Safety Technologies and Associated Federal Motor Vehicle Safety Standards, 1960 to 2012 – Passenger Cars and LTVer. Report DOT HS 812 069. Office of Vehicle Safety National Highway Traffic Safety Administration Washington, DC.
- Keall, M. D., & Newstead, S. (2016). Development of a method to rate the primary safety of vehicles using linked New Zealand crash and vehicle licensing data. *Traffic Injury Prevention*, 17(2), 151-158.
- Kieslich, P. J., & Hilbig, B. E. (2014). Cognitive conflict in social dilemmas: An analysis of response dynamics. *Judgment and Decision Making*, 9(6), 510.

- Kim, J.-K., Ulfarsson, G. F., Shankar, V. N., & Mannering, F. L. (2010). A note on modeling pedestrian-injury severity in motor-vehicle crashes with the mixed logit model. *Accident Analysis & Prevention*, 42(6), 1751-1758.
- Kim, J.-K., Ulfarsson, G. F., Kim, S., & Shankar, V. N. (2013). Driver-injury severity in single-vehicle crashes in California: A mixed logit analysis of heterogeneity due to age and gender. *Accident Analysis & Prevention*, 50, 1073-1081.
- Klein, T. M., Hertz, E. & Borener, S. (1991). A collection of recent analyses of vehicle weight and safety. Report DOT HS 807 677. Washington DC, US Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration.
- Kockelman, K. M., & Kweon, Y.-J. (2002). Driver injury severity: an application of ordered probit models. *Accident Analysis & Prevention*, 34(3), 313-321.
- Krafft, M., Kullgren, A., Lie, A., & Tingvall, C. (2003). The Risk of Whiplash Injury in the Rear Seat Compared to the Front Seat in Rear Impacts. *Traffic Injury Prevention*, 4(2), 136-140.
- Kröyer, H. R. G., Jonsson, T., & Várhelyi, A. (2014). Relative fatality risk curve to describe the effect of change in the impact speed on fatality risk of pedestrians struck by a motor vehicle. *Accident Analysis & Prevention*, 62, 143-152.
- Kullgren, A., Lie, A., & Tingvall, C. (2010). Comparison Between Euro NCAP Test Results and Real-World Crash Data. *Traffic Injury Prevention*, 11(6), 587-593.
- Kullgren, A., Stigson, H., & Krafft, M. (2013). Development of whiplash associated disorders for male and female car occupants in cars launched since the 80s in different impact directions. Paper presented at the Proceedings of IRCOBI Conference.
- Kullgren, A., Fildes, B., van Ratingen, M., Ellway, J., & Keall, M. (2015). Evaluation of the Euro NCAP whiplash protocol using real-world crash data. Proceedings of the 24th Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV). Gothenburg.
- Latifi, R., El-Menyar, A., El-Hennawy, H., & Al-Thani, H. (2014). Rollover car crashes with ejection: a deadly combination—an analysis of 719 patients. *The Scientific World Journal*, 2014.
- Lefler, D. E., & Gabler, H. C. (2004). The fatality and injury risk of light truck impacts with pedestrians in the United States. *Accident Analysis & Prevention*, 36(2), 295-304.
- Li, G., Nie, J., Yang, J. (2012). A study on injuries and kinematics in pedestrian accidents involved minivan and sedan. In: The 5th International Conference on ESAR (Expert Symposium Accident Research), Reports on the ESAR-Conference on 7th/8th September 2012 at Hannover Medical School.
- Li, G., Yang, J., & Simms, C. (2017). Safer passenger car front shapes for pedestrians: A computational approach to reduce overall pedestrian injury risk in realistic impact scenarios. *Accident Analysis & Prevention*, 100, 97-110.
- Lie, A., & Tingvall, C. (2001). How does Euro NCAP results correlate to real life injury risks - a paired comparison study of car-to-car crashes. Paper presented at the IRCOBI Conference, Montpellier, France.
- Lindquist, M., Hall, A., & Bjornstig, U. (2004). Car Structural Characteristics of Fatal Frontal Crashes in Sweden. *International Journal of Crashworthiness*, 9(6), 587-597.

- Longhitano, D., Henary, B., Bhalla, K., Ivarsson, J. & Crandall, J. (2005). Influence of vehicle body type on pedestrian injury distribution. In Society of Automotive Engineers, SAE Technical Paper No. 2005-01-1876.
- Margaritis, D., Hoogvelt, B., Vries, Y. d., Klootwijk, C., & Mooi, H. (2005). An Analysis of Sports Utility Vehicles Involved in Road Accidents. TNO Automotive, The Netherlands. Paper No. 05-0370.
- Martin, J. L., Derrien, Y., & Laumon, B. (2003). Estimating relative driver fatality and injury risk according to some characteristics of cars using matched-pair multivariate analysis. Paper No. 364. 18th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, Washington, DC.
- Martin, J.-L., & Lenguerrand, E. (2008). A population based estimation of the driver protection provided by passenger cars: France 1996–2005. *Accident Analysis & Prevention*, 40(6), 1811-1821.
- Mayrose, J., & Jehle, D. V. K. (2002). Vehicle Weight and Fatality Risk for Sport Utility Vehicle-versus-Passenger Car Crashes. *Journal of Trauma*, 53(4), 751-753.
- McCartt, A. T., & Teoh, E. R. (2014). Type, size and age of vehicles driven by teenage drivers killed in crashes during 2008–2012. *Injury Prevention*, injuryprev-2014-041401.
- Melvin, J. W., Begeman, P. C., Faller, R. K., & Sicking, D. L. (2006). Crash protection of stock car racing drivers-application of biomechanical analysis of Indy car crash research. *Stapp car crash journal*, 50, 415.
- Méndez, Á. G., Aparicio Izquierdo, F., & Ramírez, B. A. (2010). Evolution of the crashworthiness and aggressivity of the Spanish car fleet. *Accident Analysis & Prevention*, 42(6), 1621-1631.
- Metzger, K. B., Gruschow, S., Durbin, D. R., & Curry, A. E. (2015). Association Between NCAP Ratings and Real-World Rear Seat Occupant Risk of Injury. *Traffic Injury Prevention*, 16, 146-152.
- Meyerson, S. L., & Nolan, J. M. (2001). Effects of geometry and stiffness on the frontal compatibility of utility vehicles. Paper presented at the 17th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (CD ROM), National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC.
- Meyerson, S., & Nolan, J. M. (2005). Effects of geometry and stiffness on the frontal compatibility of utility vehicles. In S. H. Backaitis (Ed.), *Vehicle compatibility in automotive crashes*. PT-102. Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, Inc.
- Mizuno, K., & Kajzer, J. (1999). Compatibility problems in frontal, side, single car collisions and car-to-pedestrian accidents in Japan. *Accident Analysis & Prevention*, 31(4), 381-391.
- Mizuno, K., & Kajzer, J. (2005). The compatibility of mini cars in traffic accidents. In S. H. Backaitis (Ed.), *Vehicle compatibility in automotive crashes*. PT-102. Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, Inc.
- Morgan, P. A., Morris, L., Muirhead, M., Walter, L. K., & Martin, J. (2011). Assessing the perceived safety risk from quiet electric and hybrid vehicles to vision-impaired pedestrians. TRL Report PPR525. Transport Research Laboratory.
- Mueller, B., Farmer, C., Jermakian, J., & Zuby, D. (2013). Relationship between pedestrian headform tests and injury and fatality rates in vehicle-to-pedestrian crashes in the United States. *Stapp car crash journal*, 57, 185.

- Mukul, V. K., Lange, R. C., & Lavelle, J. P. (2003). Relationship of crash test procedures to vehicle compatibility. *SAE transactions*, 112(6), 920-928.
- Negri, D.B. & Riley, R.K. (1974). Two car collision study II. Report DOT-HS-245-2-478-4. State of New York Department of Motor Vehicles, Albany, NY.
- Newstead, S.V., Narayam, S. Cameron, M.H. & Farmer, C.M. (2003). US consumer crash test results and injury risk in police-reported crashes. *Traffic Injury Prevention*, 4, 113-122.
- Newstead, S. & Scully, J. (2011). Predicting the Used Car Safety Rating Crashworthiness from ANCAP Scores, MUARC report for Vehicle Safety Reference Group, August 2011.
- Newstead, S., Watson, L., & Cameron, M. (2014). Vehicle safety ratings estimated from police reported crash data: 2014 update Australian and New Zealand crashes during 1987-2012. Report 323, Monash University Accident Research Centre, Australia.
- NHTSA (1997). Relationship of vehicle weight to fatality and injury risk in model year 1985-93 passenger cars and light trucks. Report DOT HS 808 569 NHTSA Summary Report. National Highway Traffic Safety Administration. US Department of Transportation.
- Nirula, R., Mock, C. N., Nathens, A. B., & Grossman, D. C. (2004). The new car assessment program: does it predict the relative safety of vehicles in actual crashes? *Jourlan of Trauma*, 57(4), 779-786.
- O'Neill, B., & Kyrychenko, S. (2004). Crash incompatibilities between cars and light trucks: issues and potential countermeasures. Paper presented at the SAE Technical Paper Series, 2004-01-1166. SAE World Congress, Detroit, Michigan.
- Ohlin, M., Strandroth, J., & Tingvall, C. (2017). The combined effect of vehicle frontal design, speed reduction, autonomous emergency braking and helmet use in reducing real life bicycle injuries. *Safety Science*, 92, 338-344.
- Ossiander, E. M., Koepsell, T. D., & McKnight, B. (2014). Crash fatality and vehicle incompatibility in collisions between cars and light trucks or vans. *Injury Prevention*, injuryprev-2013-041146.
- Otte, D. & Haasper, C. (2007). Characteristics on fractures of tibia and fibula in car impacts to pedestrians and bicyclists – influences of car bumper height and shape. *Annual Proceedings/Association for the Advancement of Automotive Medicine* 51, 63–79.
- Page, G., Hird, T. & Tomas, J. (1984). *Safety of Vehicle Structures*. Adelaide, Australia: The SAE Australasia.
- Page, Y., Cuny, S., Zangmeister, T., Kreiss, J. P., & Hermitte, T. (2009). The evaluation of the safety benefits of combined passive and on-board active safety applications. *Annals of Advances in Automotive Medicine*, 53 (Proceedings of the 53rd Annual Conference of the Association for the Advancement of Automotive Medicine), pp. 117-127.
- Paine, M., Paine, D., Ellway, J., Newland, C., & Worden, S. (2011). Safety precautions and assessments for crashes involving electric vehicles. *Australasian NCAP, Paper(11-0107)*.
- Paine, M., Paine, D., Case, M., Haley, J., Newland, C., & Worden, S. (2013). Trends with ANCAP safety ratings and real-world crash performance for vehicle models in Australia. *Proceedings of 23rd ESV, Seoul*.

- Parizet, E., Robart, R., Chamard, J.-C., Schlittenlacher, J., Pondrom, P., Ellermeier, W., . . . Hatton, G. (2013). Detectability and annoyance of warning sounds for electric vehicles. *Proceedings of Meetings on Acoustics*, 19(1), 040033.
- Park, B. T., Rockwell, T. E., Collins, L. A., Smith, C. S., & Aram, M. L. (2015). The enhanced US NCAP: five years later. Paper presented at the 24th Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, Gothenburg, Sweden.
- Pastor, C. (2013). Correlation between pedestrian injury severity in real-life crashes and Euro NCAP pedestrian test results. Paper Nr. 13-0308. 23rd International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV). Seoul, South Korea. 2013-5-27 to 2013-5-30.
- Pereira, N. Q., & Callaghan, B. (2013). A Comparison New Car Assessment Program NCAP Requirements and Procedures Around the World. SAE paper 2013-36-0499.
- Pipkorn, B., Fredriksson, R., & Olsson, J. (2007). Bumper bag for SUV to passenger vehicle compatibility and pedestrian protection. Paper presented at the Experimental Safety Vehicles Conference.
- Prasad, P., Dalmotas, D., & German, A. (2014). An Examination of Crash and NASS Data to Evaluate the Field Relevance of IIHS Small Offset Tests. *SAE Int. J. Trans. Safety*, 2(2), 326-335.
- Puckett, S. M., & Kindelberger, J. C. (2016). Relationships between Fatality Risk, Mass, and Footprint in Model Year 2003-2010 Passenger Cars and LTVer – Preliminary Report. Docket No. NHTSA-2016-0068. U.S. Department of Transportation. Office of the Assistant Secretary for Research and Technology. John A. Volpe National Transportation Systems Center. Cambridge, MA.
- Rich, J., Prato, C. G., Hels, T., Lyckegaard, A., & Kristensen, N. B. (2013). Analyzing the relationship between car generation and severity of motor-vehicle crashes in Denmark. *Accident Analysis & Prevention*, 54, 81-89.
- Roudsari, B. S., Mock, C. N., Kaufman, R., Grossman, D., Henary, B. Y., & Crandall, J. (2004). Pedestrian crashes: higher injury severity and mortality rate for light truck vehicles compared with passenger vehicles. *Injury Prevention*, 10(3), 154-158.
- Roudsari, B. S., Mock, C. N., & Kaufman, R. (2005). An Evaluation of the Association Between Vehicle Type and the Source and Severity of Pedestrian Injuries. *Traffic Injury Prevention*, 6(2), 185-192.
- Ryb, G. E., Dischinger, P. C., & Ho, S. (2009). Vehicle Model Year and Crash Outcomes: A CIREN Study. *Traffic Injury Prevention*, 10(6), 560-566.
- Sagberg, F. & Sundfør, H.B. (2016). Uoppmerksomhet bak rattet: Omfang, konsekvenser og tiltak. TØI-Rapport 1481/2016. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Sahraei, E., Digges, K., Marzougui, D., & Roddis, K. (2014). High strength steels, stiffness of vehicle front-end structure, and risk of injury to rear seat occupants. *Accident Analysis & Prevention*, 66, 43-54.
- Sandberg, U., Goubert, L., & Mioduszewski, P. (2010). Are vehicles driven in electric mode so quiet that they need acoustic warning signals. Paper presented at the 20th International Congress on Acoustics.
- Savage, G. (2010). Development of penetration resistance in the survival cell of a Formula 1 racing car. *Engineering Failure Analysis*, 17(1), 116-127.



- Segui-Gomez, M., Lopez-Valdes, F. J., & Frampton, R. (2010). Real-world performance of vehicle crash test: the case of EuroNCAP. *Injury Prevention*, 16(2), 101-106.
- Shanahan, D. F. (2004). Human tolerance and crash survivability. *Pathological Aspects and Associate Biodynamics in Aircraft Accident Investigation*.
- Shi, Y., & Nusholtz, G. (2013). Effects of vehicle mass and other parameters on driver relative fatality risk in vehicle-vehicle crashes. *SAE Technical Paper*, 145-165.
- Simms, C., & O'Neill, D. (2005). Sports utility vehicles and older pedestrians: A damaging collision. *BMJ: British Medical Journal*, 331(7520), 787.
- Simms, C. & Wood, D. (2006). Pedestrian risk from cars and sport utility vehicles – a comparative analytical study. *Proc. Inst. Mech. Eng. D J. Automob. Eng.* 220 (8),1085–1100.
- Sobel, R. S., & Nesbit, T. M. (2007). Automobile Safety Regulation and the Incentive to Drive Recklessly: Evidence from NASCAR. *Southern Economic Journal*, 74, 74-84.
- Strandroth, J., Rizzi, M., Sternlund, S., Lie, A., & Tingvall, C. (2011). The Correlation Between Pedestrian Injury Severity in Real-Life Crashes and Euro NCAP Pedestrian Test Results. *Traffic Injury Prevention*, 12(6), 604-613.
- Strandroth, J., Sternlund, S., Lie, A., Tingvall, C., Rizzi, M., Kullgren, A., . . . Fredriksson, R. (2014). Correlation Between Euro NCAP Pedestrian Test Results and Injury Severity in Injury Crashes with Pedestrians and Bicyclists in Sweden. *Stapp car crash journal*, 58, 213-231.
- Summers, S. M., Hollowell, W. T., & Prasak, A. (2003). NHTSA's research program for vehicle compatibility. Paper presented at the Eighteenth International Conference on Enhanced Safety of Vehicles, Paper No. 307, Nagoya, Japan.
- Sørensen, M.W.J. (2014). Inspirerende sikkerhetskultur. *Samferdsel*, 9/2014, <https://samferdsel.toi.no/meninger/inspirerende-sikkerhetskultur-article32894-677.html>.
- Tapio, J., Pirtala & T. Ernvall. (1995). The accident involvement and injury risk rates of car models. Report 30. Publications of Road and Transport Laboratory, University of Oulu.
- Tefft, B. C. (2013). Impact speed and a pedestrian's risk of severe injury or death. *Accident Analysis & Prevention*, 50, 871-878.
- Teoh, E. R., & Nolan, J. M. (2012). Is Passenger Vehicle Incompatibility Still a Problem? *Traffic Injury Prevention*, 13(6), 585-591.
- Thomas, P. & Bradford, M. (1995). The nature and source of the head injuries sustained by restrained front-seat car occupants in frontal collisions. *Accident Analysis and Prevention*, 27, 561-570.
- Tolouei, R., & Titheridge, H. (2009). Vehicle mass as a determinant of fuel consumption and secondary safety performance. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14(6), 385-399.
- Torrão, G., Coelho, M., & Roupail, N. (2014). Modeling the Impact of Subject and Opponent Vehicles on Crash Severity in Two-Vehicle Collisions. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(2432), 53-64.
- Ugle, S. R., Kate, S. D., & Dolas, D. R. (2015). Formula One Safety: A Review. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 2(7), 433-437.

- van Kampen, B. (2000). Compatibility of cars in the Netherlands. Report D-2000-8. SWOV.
- Verheijen, E. N. G., & Jabben, J. (2010). Effect of electric cars on traffic noise and safety. Report 680300009/2010. RVIM National Institute for Public Health and the Environment.
- Verma, M. K., Lavelle, J. P., Tan, S. A., & Lange, R. C. (2005). Injury patterns and effective countermeasures for vehicle collision compatibility. Paper presented at the 9th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles. Washington.
- Viano, D. C., & Parenteau, C. S. (2010). Ejection and Severe Injury Risks by Crash Type and Belt Use With a Focus on Rear Impacts. *Traffic Injury Prevention*, 11(1), 79-86.
- Wang, X. & Kockelman, K.M. (2005). Use of Heteroscedastic Ordered Logit Model to Study Severity of Occupant Injury - Distinguishing Effects of Vehicle Weight and Type. *Transportation Research Record*, 1908, 195–204.
- Wenzel, T. P., & Ross, M. (2005). The effects of vehicle model and driver behavior on risk. *Accident Analysis & Prevention*, 37(3), 479-494.
- Wenzel, T. (2013). The estimated effect of mass or footprint reduction in recent light-duty vehicles on U.S. societal fatality risk per vehicle mile traveled. *Accident Analysis & Prevention*, 59, 267-276.
- White, M. (2004). The "arms race" on American roads: The effect of Sport Utility vehicles and pickup trucks on traffic safety. *The Journal of Law & Economics*, 47, 333-355.
- Wood, D. P., Veyrat, N., Simms, C., & Glynn, C. (2007). Limits for survivability in frontal collisions: Theory and real-life data combined. *Accident Analysis & Prevention*, 39(4), 679-687.
- Wood, D. P. (1997). Safety and the car size effect: A fundamental explanation. *Accident Analysis & Prevention*, 29(2), 139-151.
- Wood, D. P. & Simms, C. K. (2002). Car size and injury risk: a model for injury risk in frontal collisions. *Accident Analysis & Prevention*, 34(1), 93-99.
- Wu, J., Austin, R., & Chen, C.-L. (2011). Incidence Rates of Pedestrian and Bicyclist Crashes by Hybrid Electric Passenger Vehicles: An Update. Report DOT HS 811 526. Office of Traffic Records and Analysis. Mathematical Analysis Division.
- Wu, B., Pei, F., Wu, Y., Mao, R., Ai, X., Yang, H., & Cao, Y. (2013). An electrochemically compatible and flame-retardant electrolyte additive for safe lithium ion batteries. *Journal of Power Sources*, 227, 106-110.
- Yau, K. K. W. (2004). Risk factors affecting the severity of single vehicle traffic accidents in Hong Kong. *Accident Analysis & Prevention*, 36(3), 333-340.
- Ye, X., Poplin, G., Bose, D., Forbes, A., Hurwitz, S., Shaw, G., & Crandall, J. (2015). Analysis of crash parameters and driver characteristics associated with lower limb injury. *Accident Analysis & Prevention*, 83, 37-46.
- Zador, P.L., Jones, I.S. & Ginsburg, M. (1984). Fatal front-to-front collisions and the results of 35 MPH frontal barrier impacts. In: *Proceedings of the 28th Annual Conference of the American Association for Automotive Medicine*, Arlington Heights, IL.



## 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](http://www.toi.no).

TØI er partner i CIENS Forskningscenter for miljø og samfunn, lokalisert i Forskningsparken nær Universitetet i Oslo (se [www.ciens.no](http://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](mailto:toi@toi.no)  
[www.toi.no](http://www.toi.no)