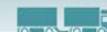
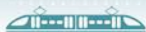




Trafikksikkerhet for tunge kjøretøy

Alena Katharina Høye, Rune Elvik, Tor-Olav Nævestad

1927/2022



Tittel:	Trafikksikkerhet for tunge kjøretøy
Tittel engelsk:	Road safety for heavy vehicles
Forfatter:	Alena Katharina Høye, Rune Elvik, Tor-Olav Nævestad
Dato:	12.2022
TØI-rapport:	1927/2022
Antall sider:	77
ISSN elektronisk:	2535-5104
ISBN elektronisk:	978-82-480-1983-1
Finansieringskilder:	Statens vegvesen, Samferdselsdepartementet
TØIs p.nr.:	1175 – Prosjekttittel
Prosjektleder:	Alena Katharina Høye
Kvalitetsansvarlig:	Trine Dale
Fagfelt:	Sikkerhet og resiliens
Emneord:	Tunge kjøretøy, ulykker, bilbelte, farlig gods, modulvogntog

Kort sammendrag

Denne rapporten inneholder oppdaterte versjoner av seks kapitler i Trafikksikkerhåndboken som handler om tunge kjøretøy, i hovedsak om godsbiler:

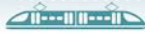
- Bilbelter i tunge kjøretøy
- Sikkerhetsutstyr, tekniske feil, stabilitet og last
- Transport av farlig gods
- Tunge godsbiler, type, vekt og størrelse
- Toppfartssperre
- Utekontroll av kjøretøy.

Summary

This report contains updated versions of six chapters of the Handbook of Road Safety Measures about heavy vehicle safety:

- Seat belts
- Safety equipment, technical failures, stability, and load
- Hazardous goods transport
- Type, weight, and size of heavy goods vehicles
- Top speed limiters
- Roadside vehicle inspections.

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.



Forord

Denne rapporten inneholder oppdaterte versjoner av seks kapitler i Trafikksikkerhetshåndboken som handler om tunge kjøretøy, i hovedsak om godsbiler. Trafikksikkerhetshåndboken er et oppslagsverk som siden rundt 1980 er oppdatert kontinuerlig på oppdrag av Statens vegvesen og Samferdselsdepartementet.

Rapporten inneholder de følgende kapitlene (med forfatter i parentes):

- Bilbelter i tunge kjøretøy (Alena Høye), kapittel 4.15 i Trafikksikkerhetshåndboken
- Sikkerhetsutstyr, tekniske feil, stabilitet og last på tunge kjøretøy (Alena Høye), kapittel 4.23 i Trafikksikkerhetshåndboken
- Transport av farlig gods (Tor-Olav Nævestad), kapittel 4.28 i Trafikksikkerhetshåndboken
- Tunge godsbiler: Type, vekt og størrelse (Alena Høye), kapittel 4.30 i Trafikksikkerhetshåndboken
- Toppfartssperre (Rune Elvik), kapittel 4.33 i Trafikksikkerhetshåndboken
- Utekontroll av kjøretøy (Rune Elvik), kapittel 5.3 i Trafikksikkerhetshåndboken

De enkelte kapitlene er også publisert i webutgaven av Trafikksikkerhetshåndboken på tshandbok.no. Kapitlene om sikkerhetsutstyr mv. og type, vekt og størrelse på tunge godsbiler i webutgaven av Trafikksikkerhetshåndboken er forkortede versjoner av kapitlene i denne rapporten.

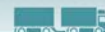
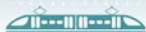
TØIs prosjektleder for Trafikksikkerhetshåndboken er Alena Katharina Høye. Oppdragsgivernes kontaktpersoner har vært Arild Ragnøy og Anne-Mette Bjerkan fra Statens vegvesen.

Trine Dale har stått for kvalitetssikring av rapporten Trude Kvalsvik har tilrettelagt rapporten for elektronisk utgivelse.

Oslo, desember 2022
Transportøkonomisk institutt

Bjørne Grimsrud
Administrerende direktør

Trine Dale
Avdelingsleder

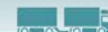
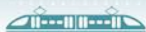


Innhold

Sammendrag

Summary

1	Innledning.....	1
2	Bilbelter i tunge kjøretøy.....	2
2.1	Problem og formål	2
2.2	Beskrivelse av tiltaket	3
2.3	Virkning på ulykkene.....	4
2.4	Virkning på framkommelighet	6
2.5	Virkning på miljøforhold	6
2.6	Kostnader.....	6
2.7	Nytte-kostnadsvurderinger.....	7
2.8	Formelt ansvar og saksgang.....	7
2.9	Referanser: Bilbelter i tunge kjøretøy.....	7
3	Sikkerhetsutstyr, tekniske feil, stabilitet og last på tunge kjøretøy.....	9
3.1	Problem og formål	9
3.2	Beskrivelse av tiltaket	11
3.3	Virkninger på ulykker	11
3.4	Virkning på framkommelighet	25
3.5	Virkninger på miljøet.....	25
3.6	Kostnader.....	25
3.7	Nytte-kostnadsanalyse.....	26
3.8	Formelt ansvar og saksgang.....	26
3.9	Referanser: Sikkerhetsutstyr på tunge kjøretøy.....	27
4	Transport av farlig gods	32
4.1	Problem og formål	32
4.2	Beskrivelse av tiltaket	33
4.3	Virkning på ulykkene.....	33
4.4	Virkning på framkommelighet	35
4.5	Virkning på miljøforhold	35
4.6	Kostnader.....	35
4.7	Nytte-kostnadsvurderinger.....	36
4.8	Formelt ansvar og saksgang.....	36
4.9	Referanser: Transport av farlig gods.....	36
5	Tunge godsbiler: Type, vekt og størrelse	38
5.1	Problem og formål	38
5.2	Beskrivelse av tiltaket	40
5.3	Virkning på ulykker	41



5.4	Virkning på framkommelighet	50
5.5	Virkning på miljøforhold	51
5.6	Kostnader	51
5.7	Nytte-kostnadsvurderinger	51
5.8	Formelt ansvar og saksgang	51
5.9	Referanser: Tunge godsbiler: Type, vekt og størrelse	52
6	Toppfartssperre	55
6.1	Problem og formål	55
6.2	Beskrivelse av tiltaket	55
6.3	Virkning på ulykkene	56
6.4	Virkning på framkommelighet	56
6.5	Virkning på miljøforhold	57
6.6	Kostnader	57
6.7	Nytttekostnadsvurderinger	57
6.8	Formelt ansvar og saksgang	58
6.9	Referanser: Toppfartssperre	58
7	Utekontroll av kjøretøy	59
7.1	Problem og formål	59
7.2	Beskrivelse av tiltaket	59
7.3	Virkning på ulykkene	59
7.4	Virkning på framkommelighet	61
7.5	Virkning på miljøforhold	61
7.6	Kostnader	61
7.7	Nytttekostnadsvurderinger	61
7.8	Formelt ansvar og saksgang	61
7.9	Referanser: Utekontroll av kjøretøy	62
Vedlegg	63
V 1.	Bilbelter i tunge kjøretøy: Studier	63
V 2.	Sikkerhetsutstyr og tekniske feil på tunge kjøretøy: Studier	65
V 3.	Tunge kjøretøyers vekt og størrelse: Studier	69

Trafikksikkerhet for tunge kjøretøy

TØI rapport 1927/2022 • Forfattere: Alena Katharina Høye, Rune Elvik, Tor-Olav Nævestad • Oslo 2022 • 77 sider

Denne rapporten inneholder oppdaterte versjoner av seks kapitler i Trafikksikkerhetshåndboken som handler om tunge kjøretøy, i hovedsak om godsbiler:

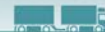
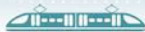
- Bilbelter i tunge kjøretøy: Bruken reduserer skaderisikoen i gjennomsnitt med 21%.
- Sikkerhetsutstyr, tekniske feil, stabilitet og last: Redusert ulykkesrisiko er funnet for bl.a. sikring av last, elektronisk stabilitetskontroll blokkeringsfrie bremses og underkjøringshinder; økt ulykkesrisiko er funnet for feil på bremses og dekk, samt høyt tyngdepunkt; virkningen er usikker for ryggekameraer og speil.
- Transport av farlig gods: Ulykkesrisikoen er i gjennomsnitt lavere enn ved transport av annet gods på veg, men trolig høyere enn ved transport av farlig gods på jernbane eller sjø. Sikkerhetsledelse og -kultur i bedrifter kan redusere risikoen.
- Tunge godsbiler: Vognvogntog, især modulvogntog, har i gjennomsnitt lavere ulykkesrisiko enn lastebiler uten tilhenger.
- Toppfartssperre: Ulykkesrisikoen reduseres med omtrent 20%.
- Utekontroll av kjøretøy: Økt teknisk utekontroll reduserer antall ulykker med tunge kjøretøy.

Bilbelter i tunge kjøretøy

Bruk av bilbelte er mindre utbredt i tunge kjøretøy enn i lette kjøretøy og mindre blant passasjerer i buss enn blant førere av tunge kjøretøy. Ulykkesstatistikk viser at andelen drepte eller hardt skadde blant alle drepte eller skadde er betydelig høyere blant personer i tunge kjøretøy som ikke har brukt bilbelte enn blant dem som har brukt bilbelte.

Empiriske studier viser at bruk av bilbelte blant førere av tunge kjøretøy reduserer risikoen for å bli skadet i en ulykke i gjennomsnitt med 21%. Virkningen er større for mer alvorlige skader enn for mindre alvorlige skader.

Blant busspassasjerer ble det også funnet skadereduserende effekter, især for alvorlige skader, men uten at virkningen kan tallfestes. Utforming av bussens interiør (f.eks. plassering av håndtak) kan også påvirke skadegraden i ulykker.



Sikkerhetsutstyr, tekniske feil, stabilitet og last på tunge kjøretøy

Redusert antall ulykker og/eller skadegraden i ulykker, er funnet for:

- **Sikring av last:** Dårlig sikring av last øker velterisikoen og kan medføre økt risiko for å være utløsende enhet i ulykker.
- **Elektronisk stabilitets- og veltekontroll:** Reduserer antall velteulykker med mellom 25 og 60%. Virkningen på jackknife-ulykker med semitrailer kan være enda større.
- **Blokkeringsfrie bremses:** Reduserer ulykker med velt eller jackknife med ca. 20%. Ser man på alle ulykkene under ett, finner man ingen virkning på dødsulykker; virkningen på mindre alvorlige ulykker er usikker.
- **Sidemarkeringslys/konturmarkering:** Reduserer antall ulykker hvor lastebiler blir påkjørt fra siden eller bakfra med 7% (sidemarkeringslys) og med 20-40% (konturmarkering).
- **Underkjøringshinder foran:** Reduserer risikoen for å bli drept blant personer i personbiler i møteulykker med lastebiler med 10%.
- **Underkjøringshinder bak:** Reduserer skadegraden når en personbil kjører bakfra på en lastebil. For førere i personbiler som bruker bilbelte og som kjører minst 50 km/t fortere enn lastebilen, ble det funnet en reduksjon av risikoen for å bli drept, på 76%.
- **Underkjøringshinder på siden:** Reduserer risikoen for å bli drept eller hardt skadd med over 50% for syklister i ulykker hvor en lastebil treffer syklisten under en forbikjøring eller i andre situasjoner med samme kjøreretning. I kollisjoner mellom en høyresvingende lastebil og en syklist som skal rett fram, har sideunderkjøringshinder liten eller ingen effekt.
- **Opplæringstiltak mot ryggeulykker:** Har i én studie vist seg å redusere ryggeulykker (mens speil og kamerasystemer økte antall ryggeulykker).

Ulykkesrisikoen øker for:

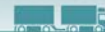
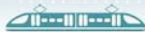
- **Feil på bremses:** Øker ulykkesrisikoen med ca. 50%
- **Feil på dekk:** Øker ulykkesrisikoen (usikker størrelse på virkningen, kan være større eller mindre enn for feil på bremses)
- **Høyt tyngdepunkt:** Øker velterisikoen.

Virkning er meget usikker for:

- **Speil, blindsones- og ryggekameraer:** De kan teoretisk redusere antall ulykker, men virkningen avhenger av om speil og kameraer er riktig innstilt. Utilsiktede virkninger på føreratferd kan føre til at antall ulykker øker; en slik effekt ble funnet i en studie for ryggekameraer.

Virkningen er ukjent for:

- **Feltskiftevarsler:** Kan potensielt redusere ulykker hvor lastebilen utilsiktet forlater eget kjørefelt, men virkningen er usikker.
- **Styrende bakaksel:** Forbedrer bilenes styrbarhet og kjøredynamikk, både i krappe kurver ved lav fart og ved høyere fart. Virkningen på ulykker er ukjent.
- **Øvrige tekniske feil (feil på styringen, belysningen og fjæring/støtdemping):** Virkningene er meget usikre.
- **Skvalpeskott i tankbiler:** Hindrer væsken i å bevege seg fram og tilbake og/eller sideveis inne i en tank, men virkningen på ulykker er ukjent.



Transport av farlig gods

Transport av farlig gods på veg har i gjennomsnitt lavere ulykkesrisiko enn transport av annet gods på veg. Likevel kan transport av farlig gods ha meget stort skadepotensiale, avhengig av type gods. Hvor høy risikoen er på veg sammenlignet med transport på jernbane eller sjø, varierer mellom studiene, men de fleste resultatene tyder på at transport på veg medfører høyere risiko enn andre transportformer. Sikkerhetsledelse og sikkerhetskultur i bedrifter kan bidra til å redusere risikoen under transport.

Tunge godsbiler: Type, vekt og størrelse

Lengre og tyngre kjøretøy kan frakte mer, tyngre og lengre varer, noe som kan redusere antall kjørte kilometer og antall tunge kjøretøy på vegen.

Vogntog har i gjennomsnitt lavere ulykkesrisiko enn lastebiler uten tilhenger. Dette kan delvis forklares med at de stort sett kjører på sikrere veger. Hvorvidt skadegraden i ulykker med vogntog er høyere enn i ulykker med lastebil uten tilhenger, er usikkert. Hvorvidt det er forskjeller i ulykkes- eller skaderisiko mellom ulike typer vogntog (trekkbil med semitrailer vs. lastebil med tilhenger), er også usikkert. Trekkbil uten semitrailer har betydelig høyere risiko enn trekkbil med semitrailer.

Modulvogntog har i gjennomsnitt lavere ulykkesrisiko enn andre vogntog, men når man kun ser på ulykker på samme type veg, spriker resultatene. De fleste resultatene tyder på at antall ulykker går ned dersom man transporterer samme mengde varer med modulvogntog istedenfor vanlige vogntog på de deler av vegnettet som er egnet til det. Dette fordi bruk av modulvogntog vil redusere det totale antall kjørte kilometer, samtidig som ulykkesrisikoen er enten lavere eller ikke mye høyere.

Høyere vekt på tunge kjøretøy medfører som regel høyere skadegrad i ulykker, hvis alt annet er likt. Dette gjelder især overvekt og vektendringer som medfører en betydelig endring i vektforskjellen mellom tunge og andre kjøretøy.

Toppfartssperre

Toppfartssperre på tunge biler reduserer ulykkesrisikoen til slike biler med omkring 20%. Ytterligere ulykkesnedgang kan oppnås ved å innstille toppfartssperren på en lavere fart enn den maksimalt tillatte. Toppfartssperre bidrar også til å redusere drivstofforbruk og utslipp fra tunge biler. Kostnadene ved en toppfartssperre er kun omprogrammering av kjørecomputeren. En del transportbedrifter har funnet det lønnsomt å innstille toppfartssperren på en lavere fart enn den maksimalt tillatte (90 km/t for lastebil, 100 km/t for buss). Samfunnsøkonomisk nytte og kostnader av toppfartssperre er ikke kjent.

Utekontroll av kjøretøy

Teknisk utekontroll av tunge biler reduserer antall ulykker der disse er innblandet. Økes kontrollene med 50%, kan antall personskadeulykker der tunge biler er innblandet reduseres med 12% (10%; 15%). For lette biler er virkningen mer usikker og kun eldre undersøkelser foreligger. Den samfunnsøkonomiske nytten av å øke utekontroller av tunge biler med 50% er større enn kostnadene.

Road safety for heavy vehicles

TØI Report 1927/2022 • Authors: Alena Katharina Høye, Rune Elvik, Tor-Olav Nævestad • Oslo 2022 • 77 pages

This report contains updated versions of six chapters of the Handbook of Road Safety Measures about heavy vehicle safety:

- **Seat belts:** Injury risk is reduced by 21% on average.
- **Safety equipment, technical failures, stability, and load:** Reduced crash risk was found for securing of load, electronic stability control, anti-lock brakes, and underrun-guard; increased crash risk was found for technical failures; uncertain effects were found for mirrors and camera systems.
- **Hazardous goods transport:** Crash risk is on average lower than for transport of other goods by road, but higher than transport of hazardous goods by rail or sea; safety management and culture can reduce risk.
- **Type, weight, and size of heavy goods vehicles:** Combination vehicles, especially multi-trailer combinations, have on average lower crash risk than single-unit trucks.
- **Top speed limiters:** Crash risk is reduced by about 20%.
- **Roadside vehicle inspections:** Increased number of inspections was found to reduce heavy vehicle crashes.

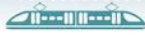
Seat belt use in heavy vehicles

Seat belt use is far lower in heavy vehicles than in light vehicles. It is also lower among bus passengers than among bus and truck drivers. According to empirical studies, seat belt use among heavy vehicle drivers reduces injury risk by 21%. The effect on more serious injuries is even larger. Among bus passengers, seat belt use also reduces injury risk, especially for serious and fatal injuries. However, it was not possible to quantify the size of the effect. Injury risk and severity among bus passengers is also affected by the design of the interior of the bus.

Heavy vehicle safety equipment, technical failures, load and stability

Reduced crash or injury risk was found for:

- **Load securement:** Inappropriately secured load increases rollover risk and the risk of being the triggering part in a collision.
- **Electronic stability and rollover control:** Such measures reduce rollover risk by 25 and 60%. Jack-knifing may be reduced even more.
- **Anti-lock brakes:** Rollover and jack-knifing crashes are reduced by about 20%.



- **Contour markings and side-marker lamps:** Crashes in which a heavy vehicle is hit from the side or rear, are reduced by 7% (side-marker lamps) and 20-40% (contour markings).
- **Underrun guard – front:** Fatality risk is reduced by 10% for car drivers in front collisions with heavy vehicles.
- **Underrun guard – rear:** Injury severity is reduced among car drivers rear-ending a heavy vehicle. Among belted car drivers, fatality risk was found to be reduced by 76% in crashes where the car hits a heavy vehicle from behind at a relative speed of 50 km/h or more.
- **Underrun guard – side:** The risk of being killed or seriously injured is reduced by about 50% among cyclists hit by a heavy vehicle overtaking the bicycle. No effect was found in collisions between cyclists and right-turning heavy vehicles.

Crash risk increases for heavy vehicles with:

- **Brake failures:** Crash risk increases by about 50%
- **Tire failures:** Crash risk increases (unknown size of effect, may be larger or smaller than the effect of brake failures)
- **High center of gravity:** Increases rollover risk.

The effects on crashes are highly uncertain for:

- **Mirrors, blindzone cameras and reversing cameras:** Their effectiveness depends on whether or not they are properly adjusted; behavioral adaptations can have unfavorable effects on safety.

Effects on crashes are unknown for:

- **Rear axle steering:** Steering and stability are improved, both in sharp curves at low speed and at high speed, but the effect on crashes is unknown.
- **Lane departure warning:** Lane departure crash risk may be reduced.
- **Technical failures, other than brakes or tires (steering, lighting, suspension):** May increase crash risk but effects are highly uncertain.
- **Fuel tank baffles:** They affect movements of fluids in the tank to improve stability, but the effect on crash risk is unknown.

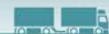
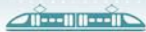
Hazardous goods transport

Transport of hazardous goods is associated with far lower risk than transport of other goods. However, the potential damage in hazardous goods accidents is much higher. Transporting hazardous goods by road is associated with higher risk than transport by rail or sea. Safety management and safety culture in transportation companies may reduce risk.

Heavy vehicles size, weight, and type

Longer and heavier goods vehicles have on average lower crash risk than smaller and lighter goods vehicles, both when comparing combination vehicles with single unit trucks and when comparing multiple-trailer and single-trailer combinations. However, longer and heavier vehicles drive mostly on roads with higher standards and higher safety levels, and drivers of longer and heavier vehicles are often more experienced than other drivers. When such differences are controlled for, the differences in crash risk diminish but the results from empirical studies are highly inconsistent.

Increasing weight in itself (all other things being equal), especially overweight, is associated with increasing crash risk and increasing crash severity.



Since larger and heavier vehicles can transport more goods, increasing weight and length limits and allowing multi-trailer combinations is likely to reduce total crash numbers because of reduced vehicle kilometers.

Speed limiter

Speed limiters on heavy vehicles were found to reduce crash risk by about 20%. Larger risk reductions can be expected from lower top speeds.

Road side inspections of heavy vehicles

Road side inspections of heavy vehicles has been found to reduce heavy vehicle crashes. Doubling the number of inspections may reduce injury crashes with heavy vehicles by 12%.

1 Innledning

Denne rapporten inneholder oppdaterte versjoner av seks kapitler i Trafikksikkerhetshåndboken (TSH, www.tshandbok.no) som handler om tunge kjøretøy, i all hovedsak om godsbiler:

- 4.15 Bilbelter i tunge kjøretøy (kapittel 2 i denne rapporten)
- 4.23 Sikkerhetsutstyr, tekniske feil, stabilitet og last på tunge kjøretøy (kapittel 3 i denne rapporten)
- 4.28 Transport av farlig gods (kapittel 4 i denne rapporten)
- 4.30 Tunge godsbiler: Type, vekt og størrrelse (kapittel 5 i denne rapporten)
- 4.33 Toppfartssperre (kapittel 6 i denne rapporten)
- 5.3 Utekontroll av kjøretøy (kapittel 7 i denne rapporten).

Kapitlene er også publisert i webutgaven av TSH. Alle kapitler i TSH har samme oppbygging: Problem og formål; Beskrivelse av tiltaket; Virkning på ulykkene; Virkning på Framkommelighet; Virkning på Miljøforhold; Kostnader og nytte-kostnadsvurderinger samt Formelt ansvar og saksgang.

Kapitlene 4.23 og 4.30 i Trafikksikkerhetshåndboken er korte versjoner av de respektive kapitlene i denne rapporten. Kapitlene i denne rapporten inneholder mer detaljert informasjon, både om ulykker og risiko og om virkningene på ulykker, skader og risiko.

Denne rapporten inneholder i tillegg et vedlegg med kortoppssummeringer av studiene som er omtalt i de enkelte kapitlene.

2 Bilbelter i tunge kjøretøy

Dette er kapittel 4.15 i Trafikksikkerhetshåndboken (www.tshandbok.no). Forfatter: Alena Høye.

2.1 Problem og formål

I tunge kjøretøy gir kjøretøyets dimensjoner i seg selv bedre beskyttelse ved ulykker for fører og passasjer enn i mindre kjøretøy. Sammenlignet med andre typer kjøretøy er det derfor forholdsvis sjelden at personer i tunge kjøretøy blir drept eller alvorlig skadet. Likevel er risikoen for personskader, og spesielt for alvorlige personskader, høyere for personer uten bilbelte enn for personer som bruker bilbelte, også i tunge kjøretøy. I busser bruker passasjerer ofte ikke bilbelte og er dermed utsatt for skader som følger av å bli kastet mot interiøret eller ut av bussen, eller for å påføre andre passasjerer skader. Ulykker der en buss er innblandet, kan føre til svært høye skadetall, fordi det kan være mange mennesker ombord. I den hittil verste bussulykken i Norge, i 1988, ble 15 mennesker drept.

Tabell 4.15.1 viser andelen drepte og hardt skadde (D/HS) blant lastebilførere og blant førere og passasjerer i busser. Tallene er hentet fra SSBs personskadestatistikk (2009-2018 for lastebilførere; 1999-2018 for buss). Blant alle skadde og drepte er andelen D/HS omtrent like høy i alle tre gruppene (12-15%).

Andelen med kjent beltebruk er høyere for buss enn for lastebil. I buss er det imidlertid store forskjeller mellom skadegradene. Mens beltebruken totalt sett er kjent for omtrent 70% av alle skadde og drepte, er andelen med kjent beltebruk betydelig lavere blant D/HS (henholdsvis 16% og 46% for førere og passasjerer).

Andelen med belte er gjennomgående lavere blant D/HS enn blant lettere skadde. Andelen er høyest blant lastebilførere (73%), noe lavere blant bussførere og langt lavere blant busspassasjerer. Andelen med belte blant D/HS i buss er imidlertid svært usikre da beltebruken kun er kjent for en forholdsvis liten andel.

Effekt av beltebruk i tabell 4.15.1 viser den estimerte effekten av å bruke (vs. ikke bruke) belte på å bli drept eller hardt skadd (vs. lettere skadd). For lastebilførere viser resultatene at risikoen for å bli drept eller hardt skadd, i gjennomsnitt er 35% lavere ved bruk av bilbelte enn uten bilbelte. Dette kan imidlertid ikke uten videre tolkes som en virkning av bilbelte fordi sammenhengen mellom beltebruk og skadegraden også kan være påvirket av andre faktorer som ikke er kontrollert for (som for eksempel føreregenskaper og vegmiljø).

Tabell 4.15.1: Drepte og skadde førere og passasjerer i busser og lastebiler i politirapporterte personskadeulykker i Norge (2009-2018 for lastebilførere; 1999-2018 for buss) og estimert effekt av beltebruk, basert på offisiell personskadestatistikk (SSB).

		Lastebil: Fører	Buss: Fører	Buss: Passasjer	
Alle	Skadd/drept per år	N	124,8	24,6	94,3
	D/HS	%	14%	15%	12%
	Kjent beltebruk	%	45%	70% ^a	73%
Andel med belte blant dem med kjent beltebruk	D/HS	%	64%	17%	12%
	Lettere skadd	%	73%	64%	16%
Andel D/HS blant dem med kjent beltebruk	Med belte	%	12%	1%	5%
	Uten belte	%	18%	8%	8%
Effekt av beltebruk			-35% (-61; +7)	-89% (-99; -1)	-33 (-72; +60)

^a Gjelder alle skadde/drepte; andel med kjent beltebruk blant D/HS bussførere: 16%.

^b Gjelder alle skadde/drepte; andel med kjent beltebruk blant D/HS busspassasjerer: 46%.

I busser er risikoen for passasjerene ikke bare knyttet til trafikkulykker, men også til brå oppbremsinger og svingebevegelser som kan føre til at passasjerer, og især stående passasjerer, støter mot interiøret i bussen, mot hverandre eller faller ut av setet.

En undersøkelse av personskader ved bussreiser i 1985-1986 (Vaa, 1993) har på grunnlag av personskaderegisteret ved Statens institutt for folkehelse (nåværende Folkehelseinstitutt) estimert at det reelle antall personskader blant busspassasjerer er omtrent tre ganger så stor som antallet i offisiell ulykkesstatistikk og at over en tredjedel av det reelle antallet er passasjerer som blir skadet i andre ulykker enn trafikkulykker.

Elvik (2019) har estimert at det skjer omtrent 0,3-0,5 fallulykker blant passasjerer på buss og trikk per million passasjerkilometer. Fallulykker under kjøring kan teoretisk ikke forekomme dersom alle passasjerene bruker belte da dette forutsetter at alle passasjerer sitter på en sitteplass. Fallulykker i forbindelse med på- og avstigning kan likevel fortsatt forekomme.

Formålet med bilbelter i tunge kjøretøy (lastebiler og busser) er å redusere sannsynligheten for personskader for fører og passasjerer og gjøre de skader som likevel oppstår, mindre alvorlige.

2.2 Beskrivelse av tiltaket

Montering og bruk av trepunktbilbelter kreves i dag i alle tunge godsbiler, på både fører- og passasjer-setene (unntaksvis kan hoftebelte være tillatt på noen plasser). Busser må også ha trepunktsbelte på fører-setet mens alle øvrige plassene som regel må ha minst hoftebelte (unntatt bybusser). Reglene er nærmere beskrevet i kjøretøyforskriftens kapittel 16. Der hvor belter er montert, skal de brukes. Ved manglende bruk av bilbelter kan politiet eller Statens vegvesen ilegge et gebyr på kr 1500,-. Føreren er ansvarlig for sikring av personer under den kriminelle lavalder (15 år).

Bilbeltebruk i tunge godsbiler: I begynnelsen av 1980-årene var bilbelter montert i kun 10% av fører-setene i vogntog (Fosser, 1984). I dag er det trolig nesten alle tunge kjøretøy som har bilbelte på fører-setet og frontpassasjer-setet.

Andelen førere av tunge kjøretøy som bruker bilbelte har ifølge Statens vegvesens tilstandsundersøkelser (2017) økt fra 52,8% i 2009 til rundt 81,0% i 2016 og 86,5% i 2019 (Statens vegvesen, 2017, 2021). Resultatene er basert på registreringer utenfor tettbygd strøk. Blant førere av tunge godsbiler som var innblandet i personskadeulykker i Norge i 2009-2018 var andelen som hadde brukt belte i gjennomsnitt på 88% (beltebruken var kjent for kun 39% av innbandede). Til sammenligning er beltebruken i lette kjøretøy på over 90%.

Det foreligger ikke informasjon om bruken av bilbelte blant passasjerer i tunge kjøretøy. Blant passasjerer i tunge godsbiler som var innblandet i personskadeulykker i Norge (2009-2018) var andelen som hadde brukt belte i gjennomsnitt på 67% 2009-2018 (beltebruken var kjent for 39% av innbandede).

Bilbeltebruk blant busspassasjerer: Ved Statens vegvesens bilbeltekontroller blant busspassasjerer i 2019 ble 4,3% av passasjerene ilagt gebyr for manglende beltebruk (<https://www.vegvesen.no/om-oss/presse/aktuelt/nasjonalt/vegdirektoratet/12-339-passasjerer-brukte-bussbelte/>).

Blant førere og passasjerer i busser som var innblandet i personskadeulykker i Norge i 1999-2018, var andelen som hadde brukt bilbelte henholdsvis 58% (førere) og 39% blant passasjerer. Andelen med kjent beltebruk er imidlertid liten (førere: 29%; passasjerer: 39%).

I en spørreundersøkelse på oppdrag av Statens vegvesen i 2019 var det i gjennomsnitt 75% som sa at de «i stor grad bruker belte»; denne andelen øker med økende alder, fra 58% aldersgruppen 16-29 år til 83 i aldersgruppen 60+ år. 90% svarte at de vet at det er påbudt å bruke belte i buss

(<https://www.vegvesen.no/om-oss/presse/aktuelt/nasjonalt/vegdirektoratet/12-339-passasjerer-brukte-bussbelte/>).

I løpet av koronapandemien tyder anekdotiske funn på at bruken av bilbelter på buss har gått ned (<https://www.nrk.no/sorlandet/faerre-bruker-setebelte-i-buss-under-koronapandemien-1.15804900>).

2.3 Virkning på ulykkene

Bilbelter for førere av tunge kjøretøy

Virkingen av bilbelte på skadegraden i ulykker med tunge kjøretøy ble undersøkt i de følgende studiene:

Campbell & Sullivan, 1991 (USA)
 Simon et al., 2001 (Frankrike)
 Preece, 2002 (USA)
 Bunn et al., 2005 (USA)
 Chen & Chen, 2011 (USA)
 Mir et al., 2012 (Pakistan)
 Bunn et al., 2013 (USA)
 Hu & Blower, 2013 (USA)
 Candefjord et al., 2015 (Sverige)
 Vachal, 2016 (USA)
 Osman et al., 2018 (USA)
 Shipp et al., 2019 (USA)
 Wang & Prato, 2019 (USA)
 Chen et al., 2020 (Kina)
 Haq et al., 2020 (USA)
 Haq et al., 2021 (USA)
 Song & Fan, 2021 (USA)

Alle studiene viser at bilbelte reduserer skaderisikoen, og de fleste virkningene er statistisk signifikante. Resultatene er oppsummert i tabell 4.15.2.

Tabell 4.15.2: Virkninger av bilbeltebruk blant førere av tunge lastebiler på antall skader i ulykker.

Ulykkestyper	Skadegrad	Virkning på antall skader	
		Beste anslag	Usikkerhet
Alle ulykker	Alle skadegrader ^a	-21	(-29; -11)
	Alle skadegrader (alle studier)	-47	(-57; -34)
	Drept ^b	-54	(-87; +63)
	Drept/hardt skadd ^b	-53	(-73; -19)
	Skadd ^b	-39	(-51; -26)
Eneulykker	Alle skadegrader ^a	-35	(-51; -15)
Flerpartsulykker	Alle skadegrader ^a	-28	(-39; -15)

^a Basert kun på studier med kontroll for andre faktorer.

^b Resultatene er kun basert på studier som har oppgitt effekter for flere skadegrader; de fleste av disse har ikke kontrollert for andre faktorer.

Sammenlagt viser resultatene fra alle studiene at risikoen for å bli drept eller skadd er redusert med 47% for førere av tunge lastebiler som er innblandet i en ulykke. Ser man kun på studier som har kontrollert for andre faktorer, er reduksjonen mindre (-21%), men fortsatt statistisk signifikant.

Også for bussførere reduserer belte skadegraden (Feng et al., 2016), men uten at det er mulig å tallfeste effekten.

Kontroll for andre faktorer: Det er stor forskjell mellom resultatene fra studiene med og uten kontroll for andre faktorer. Dette kan trolig forklares med at bruk av belte blant lastebilførere henger sammen med en rekke andre faktorer som også påvirker skadegraden i ulykker.

F.eks. viser Chen et al. (2015) at lastebilførere som ikke bruker belte, to til tre ganger så ofte kjører godt over fartsgrensen, har to eller flere trafikkforseelser de siste 12 måneder og tilhører en bedrift uten skriftlig sikkerhetsprogram. Dermed kan man forvente at manglende kontroll for slike faktorer vil føre til at man overestimerer virkningen av beltebruk.

Skadegrader: Virkningen av bilbelte er større for mer alvorlige skader enn for mindre alvorlige skader. Resultatene for enkelte skadegrader er basert på studier som har oppgitt resultater for flere skadegrader. Det er i hovedsak studier som ikke har kontrollert for andre faktorer. Derfor er virkningene gjennomgående større enn den sammenlagte virkningen for alle skadegrader.

Også en studie som ikke inngår i de sammenlagte resultatene, viser at bilbelte har større skadereduserende effekt for mer alvorlige skader (Islam & Hernandez, 2012).

Ulykkestyper: De aller fleste resultatene i tabell 4.15.2 gjelder alle ulykkestypene sett under ett.

To av studiene med kontroll for andre faktorer har oppgitt resultater for ulike ulykkestyper (Chen & Chen, 2011; Vachal, 2016). Begge studiene viser at beltebruk har større effekt på skadegraden i eneulykker enn i flerpartsulykker.

Også Hu & Blower (2013) viser at belte har større effekt i eneulykker enn i flerpartsulykker, men i denne studien er det ikke kontrollert for andre faktorer. Hu og Blower (2013) viser videre at bilbelte har størst effekt i eneulykker uten velt. Risikoen for å bli kastet ut av lastebilen er imidlertid nesten eliminert for førere som bruker belte (-97% [-99; -96]; Hu & Blower, 2013).

Bilbelter for busspassasjerer

Potensielle virkninger: Det er få studier som har evaluert virkningen av bilbelter for passasjerer i busser. Flere studier viser at mange av de mest vanlige skadene som oppstår blant passasjerer i bussulykker potensielt kan forhindres eller gjøres mindre alvorlige ved bruk av bilbelter. Dette er i hovedsak skader som følge av at passasjerer i en kollisjon eller velt blir kastet mot interiøret, på hverandre eller ut av bussen (Chang et al., 2006).

En svensk studie av 128 velteulykker med buss (Albertsson et al., 2006) viste at beltebruk trolig kunne ha redusert antall alvorlige skader med 51% ved bruk av topunktsbelter og med 80% ved bruk av trepunktsbelter. I denne studien hadde alle passasjerene som døde, blitt kastet ut og havnet under bussen (to var helt og fem var delvis kastet ut). De mest vanlige skadene var imidlertid skader mot interiøret i bussen.

Empiriske studier: Tre studier har undersøkt empirisk hvordan belter for busspassasjerer påvirker skadegraden i ulykker:

- Khattak et al., 2003 (USA)
- Chu, 2014 (Taiwan)
- Febres et al, 2020 (Spania)

To av studiene fant statistisk signifikante reduksjoner av antall alvorlige skader: -81% i studien til Febres et al. (2020) og ikke tallfestet i studien til Chu (2014). Khattak et al. (2003) viser at risikoen for personskader i eneulykker er redusert med omtrent 17%.

Indirekte effekter: Beltebruk blant busspassasjerer har vist seg å føre til generelt bedre atferd blant passasjerene; f.eks. er det færre som forlater plassen, og at det dermed også blir mindre distraksjon for bussføreren (Katz et al., 2021; Kissner et al., 2021). Begge effektene kan bidra til bedre sikkerhet.

Katz et al. (2021) viser imidlertid at belter på skolebusser kan medføre noen problemer, bl.a. at noen barn har problemer med å få av og på seg beltene, at ryggsekker og lignende kan henge seg fast i beltene eller at noen elever bruker beltene, især topunktsbelter, til å slå hverandre.

Potensielle ulemper: En potensiell ulempe ved bruk av bilbelter i buss kan være at passasjerer kan bli hengende i beltet når bussen velter og at de kan henge i en posisjon hvor det ikke er mulig å åpne beltet (Mátyás, 2013). Hvorvidt denne potensielle ulempen oppveier fordelene, er ikke diskutert av Mátyás (2013).

To- vs. trepunktsbelter: I en simuleringsstudie viste Gueler et al. (2009) at busspassasjerer uten belte har høy risiko for alvorlige skader i velteulykker, og at risikoen er betydelig redusert med belte. Virkningen av to- og trepunktsbelte var omtrent den samme.

Albertsson et al. (2006) fant derimot betydelig større potensielle effekter av tre-punktsbelter enn av topunktsbelter i dybdestudier (se ovenfor)

Andre effekter: Når passasjerer på en buss bruker belter, påvirker dette bussens stabilitet og kollisjons-sikkerhet, samt hvilke krefter bussen og setene utsettes for i en kollisjon (Belingardi et al., 2005; Guler et al., 2007). Det er anslått at passasjerer som bruker belte tilsvarer en økning av bussens vekt på 70% av passasjerenes vekt ved bruk av topunktsbelter og 90% av passasjerenes vekt ved bruk av trepunktsbelter (Elitok et al., 2006). Det betyr at beltebruk blant passasjerer kan føre til betydelig større skader på bussen (som f.eks. at taket trykkes sammen ved velt slik at overlevelseshytet reduseres) enn om passasjerene ikke hadde brukt belte (Guler et al., 2007).

Andre skadereduserende tiltak på busser: I tillegg til belter er det mulig å redusere skaderisikoen for passasjerer på buss gjennom utformingen av bussens interiør:

- **Seterygger:** Høye seterygger kan redusere skaderisikoen, både for passasjerer som sitter i og mot kjøreretningen; dette viser analyser av ulykkesdata og videoopptak fra busser (Edwards et al., 2019).
- **Støttestolper og -håndtak:** Disse forårsaker mange av skadene når passasjerer blir kastet mot bussens interiør. Edwards et al. (2019) viser at det er relativt liten potensiale for å gjøre disse mer ettergivende og antar derfor at det mest effektive er å velge en plassering som reduserer risikoen at passasjerer treffer dem.
- **Håndtak på seterygger:** Spesielt horisontale håndtak på seterygger forårsaker ofte skader; slike skader kan potensielt unngås hvis man erstattes slike håndtak med vertikale håndtak (Palacio et al., 2009)

Som et generelt problem påpeker Edwards et al. (2019) at de mest sårbare passasjerene (f.eks. rullestolbrukere) som regel sitter på de farligste plassene. Dette er i hovedsak det åpne området ved dørene hvor det er lite som hindrer bevegelser og mange ting som man kan skade seg mot.

2.4 Virkning på framkommelighet

Det er ikke funnet undersøkelser som viser hvordan bilbelter i tunge biler virker for framkommeligheten.

2.5 Virkning på miljøforhold

Det er ikke funnet undersøkelser som viser hvordan bilbelter i tunge biler vil virke på miljøforhold.

2.6 Kostnader

Det er ikke funnet norske kostnadstall for bilbelter i tunge biler.

2.7 Nytte-kostnadsvurderinger

Det foreligger ikke tilstrekkelig informasjon for å gjøre nyttekostnadsanalyser.

2.8 Formelt ansvar og saksgang

Initiativ til tiltaket

Initiativ til montering og bruk av bilbelter i tunge kjøretøy kan bli tatt av transportbransjen, bilbransjen, organisasjoner for bussreisende eller av myndighetene. Et eventuelt vedtak må treffes av Vegdirektoratet, som er ansvarlig for utforming av kjøretøyforskrifter.

Formelle krav og saksgang

Krav til montering av bilbelter er spesifisert i kjøretøyforskriften, kapittel 16. Belter skal brukes hvis de er montert.

Ansvar for gjennomføring av tiltaket

Vegdirektoratet er ansvarlig for utforming av kjøretøyforskriften. Den enkelte trafikant er ansvarlig for å etterleve påbudet om bruk av bilbelte.

2.9 Referanser: Bilbelter i tunge kjøretøy

- Albertsson, P., Falkmer, T., Kirk, A., Mayrhofer, E., & Björnstig, U. (2006). Case study: 128 injured in rollover coach crashes in Sweden - injury outcome, mechanisms and possible effects of seat belts. *Safety Science*, 44(2), 87-109.
- Bunn, T., Slavova, S., & Robertson, M. (2013). Motor vehicle injuries among semi-truck drivers and sleeper berth passengers. *Journal of Safety Research*, 44, 51-55.
- Chang, W.-H., Guo, H.-R., Lin, H.-J., & Chang, Y.-H. (2006). Association between major injuries and seat locations in a motorcoach rollover accident. *Accident Analysis & Prevention*, 38(5), 949-953.
- Chen, F., & Chen, S. (2011). Injury severities of truck drivers in single- and multi-vehicle accidents on rural highways. *Accident Analysis & Prevention*, 43(5), 1677-1688.
- Chu, H.-C. (2014). Assessing factors causing severe injuries in crashes of high-deck buses in long-distance driving on freeways. *Accident Analysis & Prevention*, 62, 130-136.
- Fosser, S. (1984). Effektmåling av forsikringsbransjens refleksaksjon i 1983. Arbeidsdokument av 4.1.1984, prosjekt O-717. Resultater fra førmåling i 1982 og ettermåling i 1983. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Gueler, M., Atahan, A., & Bayram, B. (2009). Effectiveness of passenger seat belt usage on the rollover crashworthiness of an intercity coach. Paper presented at the Proceedings of the 21st (ESV) International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, Stuttgart, Germany.
- Hu, J., & Blower, D. (2013). Estimation of seatbelt and frontal-airbag effectiveness in trucks: U.S. And Chinese perspectives. Report UMTRI.2013-2. The University of Michigan Transportation Research Institute. Ann Arbor, Michigan.
- Islam, M., & Hernandez, S. (2013). Large truck-involved crashes: Exploratory injury severity analysis. *Journal of Transportation Engineering*, 139(6), 596-604.
- Mátyás, M. (2013). Ejection of passengers in bus rollover accidents. Paper presented at the Proceedings of the FISITA 2012 World Automotive Congress.
- Mir, M. U., Razzak, J. A., & Ahmad, K. (2012). Commercial vehicles and road safety in Pakistan: Exploring high-risk attributes among drivers and vehicles. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 1-8.

- Simon, M. C., Botto, P., Page, Y., & Paulhet. (2001). The potential gain to be achieved by generalization of seatbelts and airbags in trucks. International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles. Amsterdam, The Netherlands.
- Statens vegvesen (2017). Tilstandsundersøkelse kap. 1 - Bruk av bilbelte 2017. Notat 15/229872-11.
- Statens vegvesen (2021). Trafikksikkerhetsutviklingen 2020 - Oppfølging av Nasjonal tiltaksplan for trafikksikkerhet på veg 2018 - 2021.
- Vaa, T. (1993). Personskader og risiko ved bussreiser. Reviderte beregninger. Rapport 160. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Zhu, X., & Srinivasan, S. (2011). Modeling occupant-level injury severity: An application to large-truck crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 43(4), 1427-1437.

3 Sikkerhetsutstyr, tekniske feil, stabilitet og last på tunge kjøretøy

Dette er en lang versjon av kapittel 4.23 i Trafikksikkerhetshåndboken (www.tshandbok.no) med mer detaljert informasjon om ulykker og de enkelte tiltakene. Forfatter: Alena Høye.

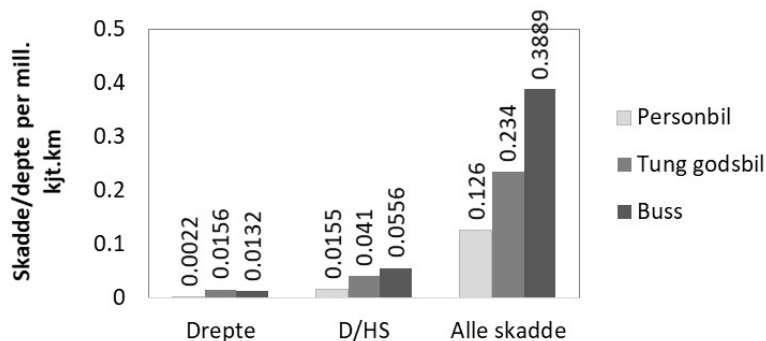
3.1 Problem og formål

Ulykker med tunge kjøretøy skiller seg på flere måter fra andre ulykker. Bl.a. er det forskjeller mht. risiko, skadegrad og hvilke typer ulykker som er mest vanlige.

Risiko: Ulykkesrisikoen blant tunge kjøretøy i Norge er undersøkt av Nævestad et al. (2022). Risikoen er omtrent halvert fra 2007-2013 til 2014-2020 (-47% for personskadeulykker; -42% for dødsulykker). Det er i omtrent samme størrelsesorden som endringen risikoen for personbilførere (-50% både for personskade- og dødsulykker fra 2010-2018; Bjørnskau, 2020).

Risikonedgangen med tunge kjøretøy kan i hovedsak forklares med økt utbredelse av elektronisk stabilitetskontroll, lavere fart, Statens vegvesens og politiets kontroller, samt økt karosserisikkerhet blant personbiler (motparter i kollisjoner med tunge kjøretøy) (Nævestad et al., 2022)).

Elvik (2022) har beregnet risikoen for å bli innblandet i ulykker med ulike skadegrader for tunge gods-biler, busser og personbiler (figur 4.23.1). Tunge kjøretøy har betydelig høyere risiko enn personbiler, busser har enda høyere risiko.



Figur 4.23.1: Risikoen for å bli innblandet i ulykker med ulike skadegrader (Elvik, 2022; tallene gjelder ulykker i Norge, 2017).

Skadegrad, personer i tunge kjøretøy. Ulykker med tunge kjøretøy er ofte mer alvorlige enn andre ulykker når man ser på alle innblandede personer, men mindre alvorlige for personene i tunge kjøretøy.

Av alle personer i tunge kjøretøy som var innblandet i personskadeulykker, var andelen som ble drept eller hardt skadd (D/HS) 4,3% i 2009-2018 i Norge. Blant personer i personbiler var andelen D/HS 5,4%, og blant alle som var innblandet i personskadeulykker, var andelen D/HS 7,3%. Det er imidlertid store forskjeller mellom ulike typer tunge kjøretøy (jf. kapittel 5).

Skadegrad og motpart i ulykken: Tabell 4.23.1 viser andelene av alle skadde og drepte i ulykker som ble drept eller hardt skadd (D/HS), i ulykker med og uten tunge kjøretøy involvert i Norge i 2009-2018.

I gjennomsnitt var andelen D/HS nesten dobbelt så høy i ulykker med tunge kjøretøy involvert (19%) som i ulykker uten tunge kjøretøy (11%). Den største forskjellen mellom ulykker med og uten tunge kjøretøy innblandet finner man blant fotgjengere og syklister.

Tabell 4.23.1: Andel D/HS av alle skadde/drepte i ulykker med og uten tunge kjøretøy involvert blant ulike trafikantgrupper (Norge, 2009-2018).

	Andel D/HS		Relativ risiko i ulykker med vs. uten tunge kjøretøy
	Ingen tunge kjøretøy involvert	Tungt kjøretøy involvert	
Personbil	8%	19%	2,6
Moped/motorsykkel	18%	31%	2,0
Sykkel	15%	39%	3,6
Fotgjengere	19%	45%	3,5
Alle innblandede	11%	19%	1,9

Ulykketyper: Tabell 4.23.2 viser fordelingen av ulykketyper i ulykker med tunge kjøretøy, i ulykker med personbiler og i alle ulykker i Norge i 2009-2018. Tallene viser at den mest typiske ulykketypen er møteulykker, fulgt av påkjøring bakfra og utforkjøring/velt.

Tabell 4.23.2: Fordeling av involverte personer i personskadeulykker i ulike ulykketyper (Norge, 2009-2018).

	Av alle tunge	Av alle personbiler	Av alle
Møteulykke	30%	20%	18%
Påkjøring bakfra	20%	27%	23%
Utforkjøring/velt	19%	22%	21%
Kryss	10%	16%	17%
Fotgjenger	4%	6%	10%
Øvrige	17%	9%	11%
Alle ulykker	100%	100%	100%

Skadegrad og ulykketype: Det er store forskjeller i skadegraden mellom ulike ulykketyper. Tabell 4.23.3 viser andelen drepte eller hardt skadde (D/HS) i ulike ulykketyper blant personer i tunge kjøretøy, personer i personbiler og alle innblandede i personskadeulykker i Norge i 2009-2018.

De mest alvorlige ulykker for personer i tunge kjøretøy er utforkjøring og velt. For personer i personbiler er møteulykker de mest alvorlige ulykkene. Også studier fra USA viser at ulykker med velt i gjennomsnitt er mer alvorlige for personer i tunge kjøretøy enn for personer i andre kjøretøy (Stevens et al., 2001; Khattak et al., 2003).

Tabell 4.23.3: Andel drepte eller hardt skadde (D/HS) av alle innblandede i ulike ulykketyper blant personer i tunge kjøretøy, i personbiler, og alle trafikantgrupper (Norge, 2009-2018).

	Tunge kjøretøy	Personbiler	Alle trafikantgrupper
Møteulykke	3,1%	12,0%	11,6%
Påkjøring bakfra	1,2%	1,0%	1,6%
Utforkjøring/velt	13,9%	9,3%	11,6%
Kryss	0,7%	2,0%	4,6%
Fotgjenger	1,6%	0,3%	9,7%
Øvrige ulykker	1,8%	3,1%	6,0%
Alle ulykker	4,3%	5,3%	7,3%

3.2 Beskrivelse av tiltaket

Dette kapitlet omhandler sikkerhetseffekter av:

- Sikkerhetsutstyr:
 - Underkjøringshinder
 - Speil og blindsoner-/ryggekameraer
 - Sidemarkeringslys og konturmarkering
 - Blokkeringsfrie bremses
 - Feltskiftevarsler
 - Lufttrykkvarsling
- Tekniske feil:
 - Bremses
 - Hjul/dekk
 - Styring
 - Belysning
 - Fjæring og støtdemping
- Stabilitet og last:
 - Sikring av last
 - Tiltak mot skvalping i tankbiler
 - Tyngdepunkt
 - Elektronisk stabilitetskontroll og veltekontroll
- Organisatoriske tiltak:
 - Trygg trailer
 - Tiltak mot ryggeulykker.

Tiltakene er beskrevet i de følgende avsnittene under Virkning på ulykker.

Andre tiltak som kan påvirke ulykkes- og skaderisikoen i ulykker med tunge kjøretøy, og som er beskrevet i andre kapitler i Trafikksikkerhetshåndboken, er:

- Bilbelter: Kapittel 2 i denne rapporten; kapittel 4.15 i Trafikksikkerhetshåndboken
- Transport av farlig gods: Kapittel 4 i denne rapporten; kapittel 4.28 i Trafikksikkerhetshåndboken
- Tunge kjøretøyers vekt og størrelse: Kapittel 5 i denne rapporten; kapittel 4.30 i Trafikksikkerhetshåndboken
- Automatisk fartstilpasning: Kapittel 4.33 og 4.34 i Trafikksikkerhetshåndboken (for tunge og lette kjøretøy)
- Toppfartssperre: Kapittel 6 i denne rapporten; kapittel 4.33 i Trafikksikkerhetshåndboken
- Utekontroll av kjøretøy: Kapittel 7 i denne rapporten; kapittel 5.3 i Trafikksikkerhetshåndboken
- Alkolås: Kapittel 8.10 i Trafikksikkerhetshåndboken (for tunge og lette kjøretøy).

3.3 Virkninger på ulykker

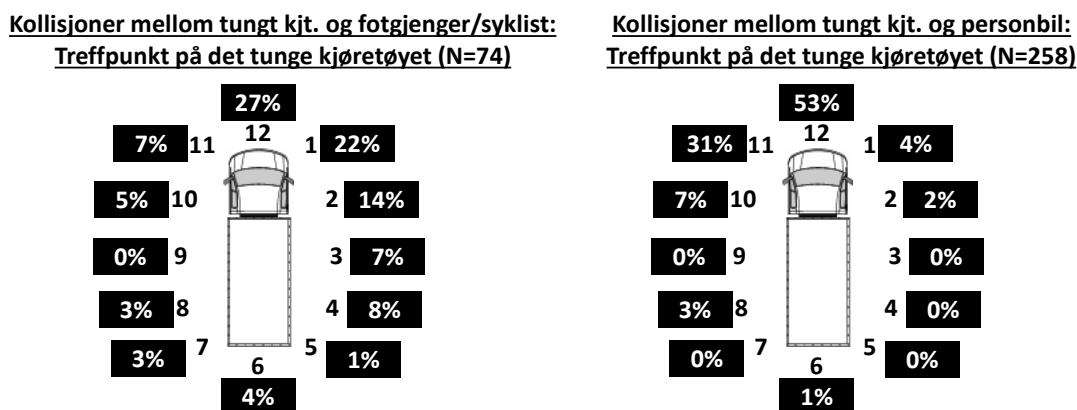
Sikkerhetsutstyr: Underkjøringshinder

Underkjøringshinder på tunge kjøretøy kan være foran, på siden mellom hjulene og bak på lastebiler. Underkjøringshinder på siden kan bestå av bjelker eller en plate mellom hjulene til lastebilen eller tilhengeren. Slike underkjøringshindre er obligatoriske på de fleste tunge kjøretøyene i EU, men ikke i bl.a. USA (Epstein et al., 2014) og Australia (Rechnitzer & Grzebieta, 2014).

Formålet er å forhindre at lette kjøretøy eller myke trafikanter kommer under lastebilen. Underkjøringsulykker er ofte svært alvorlige. Når det mindre kjøretøyet treffer en lastebil med f.eks. A-søylen, istedenfor med noen av de energiabsorberende delene, er det stor risiko for at bilen blir deformert i så stor grad at det ikke er overlevelseshrom igjen for personene i bilen (Galipeau-Bélaïr et al., 2014). Når myke trafikanter kommer under lastebilen, f.eks. i ulykker hvor en høyresvingende lastebil treffer en syklist ved siden av lastebilen, er det stor fare for å bli overkjørt av lastebilens bakhjul (Rechnitzer & Grzebieta, 2014).

Før underkjøringshindre ble vanlige på tunge kjøretøy, fikk mange ulykker alvorlig utfall som følge av at et annet kjøretøy kjørte helt eller delvis under et tungt kjøretøy. Eksempelvis viser en eldre svensk studie at en myk trafikanter (motorsykkler, moped, sykkel, fotgjenger) hadde kommet under det tunge kjøretøyet i 35% av kollisjonene mellom et tungt kjøretøy og en myk trafikanter (Högström et al., 1973). I en eldre amerikansk studie hadde 90% av bilene som hadde kjørt bakfra på en lastebil, og 75% av bilene som hadde kjørt inn i siden på en lastebil, kommet helt eller delvis under lastebilen (Minahan & O`Day, 1977).

Figur 4.23.2 viser fordelingen av treffpunktene på tunge kjøretøy i kollisjoner mellom et tungt kjøretøy og en fotgjenger eller syklist, og mellom et tungt kjøretøy og en personbil. Figuren er basert på dødsulykker med tunge kjøretøy i Norge (2005-2015; kun kollisjoner mellom ett tungt kjøretøy og én fotgjenger/syklist, eller mellom ett tungt kjøretøy og én personbil hvor føreren av personbilen er drept).



Figur 4.23.2: Fordelingen av treffpunktene på det tunge kjøretøyet i kollisjoner mellom ett tungt kjøretøy og én fotgjenger/syklist eller personbil (dødsulykker i Norge, 2005-2015).

Figur 4.23.2 viser en tydelig forskjell mellom kollisjoner med fotgjengere/syklister og kollisjoner med personbiler.

- I kollisjoner med fotgjengere/syklister treffer det tunge kjøretøyet som regel med fronten eller høyre delen av kjøretøyet foran. Dette er konsistent med funnet i andre studier som viser at en av de mest typiske ulykkene mellom en lastebil og en sykkel er en ulykke hvor lastebilen svinger til høyre og treffer en syklist som skal rett fram og som lastebilførereren ikke hadde sett (Talbot et al., 2017; Wismans, 2016).

- **I kollisjoner med personbiler** er nesten alle treffpunktene i fronten, især på venstre side. Dette er i hovedsak møteulykker, i tillegg til ulykker hvor et tungt kjøretøy kjører på en personbil enten bakfra (samme kjøreretning) eller i siden (kryssende kjøreretning; Wismans, 2016). Nesten ingen av treffpunktene er i siden på det tunge kjøretøyet og ingen i midten av siden. Eldre studier har funnet langt større andeler av ulykkene hvor en personbil har truffet et tungt kjøretøy i siden (Fosser, 1979, Norge; Högström et al., 1974, Sverige; Spainhour et al., 2005, USA). Forskjellen mellom de eldre og de nyere resultatene skyldes trolig i stor grad at de tunge kjøretøyene i de nyere, men ikke i de eldre, studiene i stor grad har sidekollisjonshinder, og at ulykker hvor et mindre kjøretøy kjører i siden til en lastebil, dermed sjeldnere er dødsulykker.

Underkjøringshinder foran: Det er kun funnet én empirisk studie som har undersøkt virkningen av underkjøringshinder foran på skadegraden i ulykker. Robinson et al. (2009; Storbritannia) viser at underkjøringshinder foran reduserer risikoen for å bli drept i en møteulykke mellom en personbil og en lastebil med 10% (95%-konfidensintervall [-54; +76]) for personene i personbilen. Dette er basert på andelene som ble drept i personbiler i kollisjoner med lastebiler med vs. uten underkjøringshinder foran. Virkningen er meget usikker.

En annen studie viser at underkjøringshinder foran på lastebiler trolig kunne ha forhindret 29% av dødsfall i kollisjoner hvor en personbil hadde kjørt under en lastebil (Robinson & Riley, 1991; Storbritannia). Dette er basert på ulykkesstudier av 111 dødsulykker og teoretiske vurderinger.

Effekten av underkjøringshinder foran avhenger av utformingen. Energiabsorberende underkjøringshinder foran er mer effektive enn de nå obligatoriske rigide underkjøringshindre foran (Hashemi et al., 2006; Berg et al., 2004). Studier som har undersøkt effekten av de europeiske minimumskravene for underkjøringshindre på lastebiler, viser at disse ikke gir den best mulige beskyttelsen for personer i personbiler når disse kolliderer med en lastebil (Hashemi et al., 2006; Lambert & Rechnitzer, 2002; Langwieder et al., 2001). Dette er basert på kollisjonsforsøk og dybdestudier av kollisjoner mellom personbiler og lastebiler.

Wismans (2016) beskriver et såkalt «utvidet fleksibelt frontunderkjøringshinder» som er en struktur på ca. 30 cm dybde på fronten av lastebiler. Denne kan i teorien øke den maksimale kollisjonsfarten som det er mulig å overleve i en personbil som frontkolliderer med en lastebil, fra ca. 60 til ca. 90 km/t. Skadegraden i påkjørsler av fotgjengere kan også bli redusert fordi den økte berøringsflaten reduserer risikoen for alvorlige hodeskader, samtidig som risikoen for at lastebilen kjører over fotgjengeren, reduseres. Ulempen er at en slik konstruksjon forutsetter vesentlige endringer i kjøretøykonstruksjonen og en økning av den maksimalt tillatte lengden på lastebiler.

Oppsummering: Underkjøringshinder foran reduserer trolig risikoen for å bli drept i møteulykker mellom personbil og lastebil; forbedret utforming kan øke effekten.

Underkjøringshinder bak: En studie fra India (Govardhan et al., 2020) viser at underkjøringshinder bak på lastebiler reduserer risikoen for å bli drept (vs. hardt skadd) blant personbilførere i påkjøring bakfra-ulykker med lastebiler med 76% når førere bruker bilbelte. Uten bruk av bilbelte øker risikoen med 68% (statistisk signifikans ikke oppgitt). Dette gjelder kun ulykker hvor personbilen kjører bakfra på lastebilen, hvorav de aller fleste skjedde med en fartsforskjell på 50 km/t eller mer.

En amerikansk studie viser at utformingen av underkjøringshindre i mange tilfeller er mangelfull, slik at underkjøringshindre har mindre skadereduserende effekt enn de kunne ha hatt (Brumbelow & Blanar, 2010).

I EU gjelder det siden 2019 strengere krav til underkjøringshinder bak som skal forhindre underkjøring for kollisjonshastigheter på opptil 56 km/t (Berg, 2017). I tillegg kan man forvente at bremseassistenter i de fleste tilfellene enten vil forhindre ulykker hvor personbiler kjører bakfra på en lastebil, eller redusere kollisjonshastigheten.

Oppsummering: Underkjøringshinder bak kan redusere risikoen for å bli drept blant personbilførere i påkjøring bakfra-ulykker med lastebiler med 76% når førere bruker bilbelte, ifølge én studie.

Sideunderkjøringshinder: Empiriske studier viser at sideunderkjøringshinder på tunge lastebiler kan redusere skadegraden i ulykker hvor en lastebil kjører forbi en syklist, og hvor syklisten blir truffet av fremre del av lastebilens side (Badgley et al., 2020).

Virkningen av sideunderkjøringshinder i **forbikjøringsulykker** mellom lastebil og sykkel er undersøkt i tre empiriske studier fra Storbritannia, hvor sideunderkjøringshinder på tunge lastebiler er obligatorisk siden 1983:

Knigh et al., 2005 (Storbritannia)

Patten & Tabra, 2010 (Storbritannia)

Cookson & Knight, 2010 (Storbritannia)

Cookson og Knight (2010) og Knight et al. (2005) viser sammenlagt at antall drepte syklister i forbikjøringsulykker er redusert med 64% (-79; -37), og at antall drepte og hardt skadde syklister i forbikjøringsulykker er redusert med 58% (-70; -41).

Resultatene fra Patten & Tabra (2010) er inkonsistente. Studien har sammenlignet ulykker mellom 1980-1982 hvor nesten ingen lastebiler hadde sideunderkjøringshinder, og 1990-1992 hvor de fleste lastebiler hadde sideunderkjøringshinder. Forbikjøringsulykker mellom lastebil og sykkel ble i gjennomsnitt mindre alvorlige: Andelen drepte eller hardt skadde i slike ulykker gikk ned med 42% (-59; -20), og andelen drepte gikk ned med 65% (-83; -20). I forhold til andre lastebil-sykkelulykker har antall drepte og hardt skadde i forbikjøringsulykker imidlertid gått litt opp (+24% [-11; +73]), og antall drepte har gått ned, men uten at endringen er statistisk signifikant (-38 [-70; +27]).

I kollisjoner mellom en **høyresvingende lastebil** og en syklist har sideunderkjøringshinder liten eller ingen effekt (Badgley et al., 2020; Cookson & Knight, 2010; Thomas et al., 2015). Forklaringen er at syklisten i slike kollisjoner som regel velter. Dermed kan syklisten komme under sidehinderet og bli overkjørt av lastebilens bakhjul.

Oppsummering: Sideunderkjøringshinder reduser skadegraden i kollisjoner med syklister under forbikjøringer; risikoen for å bli drept eller hardt skadd er redusert med over 50% for syklister i slike ulykker. I kollisjoner mellom en høyresvingende lastebil og en syklist som skal rett fram, har sideunderkjøringshinder liten eller ingen effekt.

Sikkerhetsutstyr: Speil, blindsoner- og ryggekameraer

Tunge kjøretøy har i hovedsak følgende blindsoner: Ved siden av kjøretøyet, især på passasjersiden (relevant under avsving og kjørefeltskifte), bak kjøretøyet (relevant under rygging), og foran kjøretøyet (relevant under oppstart).

En norsk studie av seks ulykker mellom vogntog og myke trafikanter i 2005-2008 viste at siktbegrensninger fra førerposisjon var medvirkende faktorer i alle seks ulykkene (Assum & Sørensen, 2010).

Blindsonespeil er ifølge EU-direktiver obligatoriske siden 2003. Siden 2007 må alle nye lastebiler være utstyrt med speil og/eller blindsonekameraer som gjør det mulig å observere hele området rundt lastebilen. Siden 2009 må slike speil/kameraer også være installert på eldre lastebiler.

Speil: I Danmark ble et ekstra nærsonepeil og et vidvinkelspeil på høyre side påbudt i 1988 for å redusere ulykker der syklister kommer under vogntog når disse svinger til høyre i kryss. En før- og etterundersøkelse (Behrendorff & Hansen, 1994) fant en ikke-signifikant økning av antall personskadeulykker (+11%) og en reduksjon av antall dødsulykker (-17%). Forklaringen på ulykkesøkningen er trolig at over halvparten av nærsone- og vidvinkelspeilene viste seg å være feil innstilt. En annen mulig forklaring er at speilene kan hindre sikten til høyre og dermed øke risikoen for kollisjoner med kjøretøy i kryssende kjøreretning fra høyre side.

Dybdeanalyser av syv dødsulykker i Norge mellom 2005 og 2008 hvor en syklist ble drept i en kollisjon med en lastebil, viser at syklisten i fem av ulykkene befant seg i blindsonen og ble påkjørt til tross for at føreren hadde kontrollert alle speilene. Flere blindsonespeil ville ifølge rapportene fra ulykkesanalysegrupper trolig ha kunnet forhindre ulykkene (Assum & Sørensen, 2010). Det er likevel et problem at føreren ikke kan kikke i alle blindsonespeil samtidig. I flere av ulykkene var det en troverdig forklaring at føreren sjekket alle blindsonespeilene, men at syklisten hadde beveget seg slik gjennom blindsonene at han/hun kun var synlig mens føreren kontrollerte et annet speil.

Blindsonekamera: En «naturalistic driving»-studie (Fitch et al., 2011) fant ingen effekt av ulike kamera-systemer (kameraer som viser områdene ved siden av og bak lastebilen, og nattsyn) på konflikter, hvor lenge førerne hadde blikket rettet rett fram på vegen, eller på avstanden til kjøretøy ved siden av. Med andre ord ble det ikke funnet noen effekter på sikkerheten, verken tilsiktede eller utilsiktede. Førerne oppfattet likevel kameraene som nyttige.

Ryggekamera: Lee et al. (2010) og Lin et al. (2009) viser i baneforsøk med fotgjenger-dummier at rygge-kameraer øker andelen lastebilførere som stopper når det er en person bak bilen når de rygger. Økningen er størst når personen befinner seg rett bak bilen (+46,7%) og lavest når en person beveger seg fra høyre side bak bilen til rett bak bilen (+4,4%).

Wishart et al. (2017) har sammenlignet antall ryggeulykker mellom bedrifter som hadde innført rygge-kameraer, et atferdsendringsprogram eller ingen tiltak (se også avsnitt «Organisatoriske tiltak: Tiltak mot ryggeulykker»). Resultatene tyder på at ryggekameraer førte til en *økning* av antall ryggeulykker. En mulig forklaring på økningen er overdreven tillit til systemet.

Oppsummering: Virkningen av speil, blindsone- og ryggekameraer på antall ulykker er meget usikker. De kan teoretisk redusere antall ulykker, men gjør det ikke alltid. Virkningen avhenger av om speil og kameraer er riktig innstilt. Utilsiktede virkninger på føreratferd kan føre til at antall ulykker øker; en slik effekt ble funnet i en studie for ryggekameraer.

Sikkerhetsutstyr: Sidemarkeringslys og konturmarkering

Både sidemarkeringslys og konturmarkering er obligatoriske på tunge kjøretøy (Wijnen et al., 2015). I europeiske land er dårlig synlighet av tunge kjøretøy ifølge ETSC (2006) en medvirkende faktor i omtrent 5% av alle alvorlige ulykker med tunge kjøretøy. Dårlig synlighet kan bidra til ulykker bl.a. når en fører av et annet kjøretøy ikke ser lastebilen eller feilvurderer avstanden eller farten på lastebilen (Reinsberg, 2004).

Konturmarkering: Konturmarkering består av retroreflekterende striper langs kantene på siden og bak-siden av tunge kjøretøy. I motsetning til enkle retroreflekterende striper, gjør konturmarkering hele konturen til kjøretøyet synlig i mørket. Virkningen av konturmarkering på antall ulykker er undersøkt av:

Smith et al., 1985 (USA)

Morgan, 2001 (USA)

Reinsberg, 2004 (Tyskland)

Den sammenlagte virkningen på ulykker i mørke er en statistisk signifikant reduksjon på 20% (-29; -10).

En nederlandsk studie har anslått den mulige reduksjonen av antall personskader i ulykker hvor dårlig synlighet av lastebiler kan være en medvirkende faktor, til mellom 21 og 38% (de Niet et al., 2002). En eksperimentell studie fra Tyskland (Schmidt-Clausen, 2000, sitert etter Berces, 2011) viser at konturmarkeringer reduserer påkjørsler av lastebiler bakfra eller fra siden i mørke med omtrent 40%.

Sidemarkeringslys: Kahane (1983, USA) viste at sidemarkeringslys på lette og tunge kjøretøy reduserer antall sidekollisjoner i mørke med 7% (-6; -8).

Oppsummering: Antall ulykker hvor lastebiler blir påkjørt fra siden eller bakfra, reduseres med mellom 20 og 40% for konturmarkering og med 7% for sidemarkeringslys.

Sikkerhetsutstyr: Blokkeringsfrie bremses (ABS)

Virkinger av blokkeringsfrie bremses (antilock-brakes, ABS) på tunge lastebiler på antall ulykker er undersøkt av:

- Allen, 2010 (USA)
- Meuleners et al., 2017 (Australia)
- Teoh et al., 2017 (USA)
- Rahimi et al., 2020 (Iran)

Sammenlagte resultater er vist i tabell 4.23.4.

Tabell 4.23.4: Virkning på antall ulykker med tunge lastebiler av blokkeringsfrie bremses.

Studie	Ulykker	Virking på antall ulykker	
		Beste anslag	Usikkerhet
ABS-bremser på lastebil/trekkbil			
Alle ulykker	Alle skadegrader	-36%	(-64; +16)
Alle ulykker	Dødsulykker	-2%	(-9; +5)
Ulykker med velt	Dødsulykker	-23%	(-36%; -7)
Jackknive	Dødsulykker	-18%	(-40%; +12)
Ulykker med fotgjengere, syklist og dyr	Dødsulykker	+9%	(-26%; +60)
ABS-bremser på tilhenger			
Alle ulykker	Personskadeulykker	-27%	(-62; +40)

Når man ser på alle ulykkestypene under ett, ble det funnet en reduksjon på 36%, men denne er meget usikker og ikke statistisk signifikant. For antall dødsulykker er det ikke funnet noen virkning av ABS-bremser på lastebiler/trekkbiler.

Skadegrad: To av studiene som har rapportert resultater for ulike skadegrader, har funnet gunstigere effekter på mindre alvorlige ulykker enn på dødsulykker (Rahimi et al., 2017; Allen, 2010).

Ulykkestype: Resultatene for spesifikke ulykkestyper i tabellen over er basert på studien til Allan (2010), som fant reduksjoner for antall ulykker med velt eller jacknife (henholdsvis -23% og -18%), og en ikke-signifikant økning av antall ulykker med fotgjengere, syklist eller dyr (+8%).

Hvorvidt virkningen er forskjellig mellom ene- og flerpartsulykker, er usikkert; det er derfor ikke rapportert resultater.

ABS-bremser på lastebil/trekkbil vs. tilhenger: Teoh et al. (2017) fant en relativt stor, men ikke-signifikant effekt av ABS-bremser på tilhengere (-27%). Den samme studien fant en betydelig større og statistisk signifikant reduksjon av antall ulykker for ABS på lastebilen/trekkbilen (-65%).

Oppsummering: Blokkeringsfrie bremses på tunge kjøretøy kan muligens redusere antall mindre alvorlige ulykker, men for dødsulykker er det ikke funnet noen effekt. For ulykker med velt eller jackknive er det funnet reduksjoner på rundt 20%.

Sikkerhetsutstyr: Lufttrykkvarsling

Siden 2012 er det obligatorisk for alle nye tunge kjøretøy i EU å ha et varslingsystem for lufttrykk i dekkene. Fra 2014 er slike systemer obligatoriske på alle tunge kjøretøy i EU. For lavt trykk på dekk kan føre til større og ujevn slitasje på dekkene, noe som medfører dårligere kjøre- og bremseegenskaper og økt ulykkesrisiko (Lindgren & Chen, 2006).

VI har ikke funnet studier av hvordan lufttrykkvarsling påvirker antall ulykker.

Sikkerhetsutstyr: Feltskiftevarsler

Feltskiftevarsler for tunge kjøretøy har i studien til Hickman et al. (2015) vist seg å omtrent halvere antall ulykker med tunge lastebiler som teoretisk kan være påvirket av tiltaket (-48% [-65; -23]). Dette er ulykker hvor lastebilen utilsiktet forlater eget kjørefelt, bl.a. møteulykker, utforkjøring og kollisjoner i samme kjøreretning, unntatt når ulykken skjer som følge av unnamanøvrering, når lastebilen brukte blinklys, når vegen var glatt eller når førere var påvirket av alkohol eller andre rusmidler.

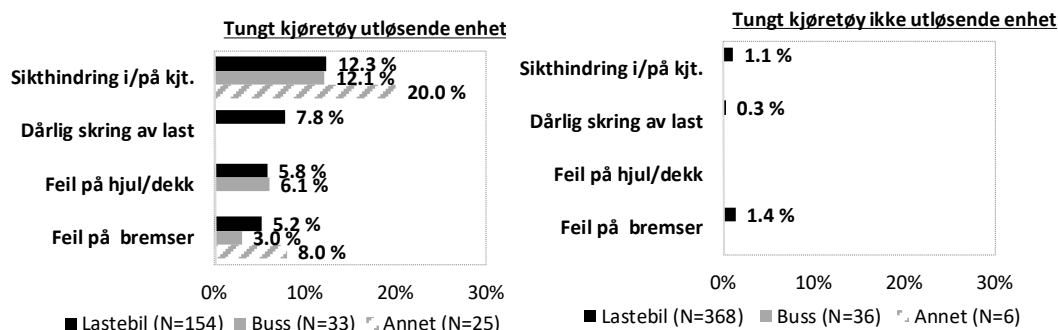
Ifølge Jermakian (2012) er andelen av alle ulykkene med tunge lastebiler som potensielt kan være forhindret av feltskiftevarsler, 6%.

Oppsummering: Feltskiftevarsler kan potensielt redusere ulykker hvor en lastebil utilsiktet forlater eget kjørefelt, men virkningen er usikker.

Tekniske feil på tunge kjøretøy: Oversikt

Andelene av tunge kjøretøy som var innblandet i dødsulykker i Norge (2005-2015) med ulike typer tekniske feil og mangler, er vist i figur 4.23.3. Den mest vanlige mangelen er sikthindringer i eller på kjøretøy som ble funnet like ofte på lastebiler og busser. Dette er ofte gjenstander som føreren har på dashbordet eller hengende fra taket, men det kan også være deler av kjøretøyet som blir klassifisert som sikthindre. Tekniske feil som ble funnet, er dårlig sikring av last, noe som kan bidra både til at ulykkene skjer og til skadeomfanget (bare på lastebiler), og feil på hjul/dekk og bremses (både på lastebiler og busser).

Figur 4.23.3 viser at andelen med ulike typer feil og mangler er betydelig høyere blant dem som har vært utløsende enhet, enn blant dem som ikke har vært det. Dette tyder på at disse feilene og manglene øker risikoen for å være utløsende enhet i dødsulykker.



Figur 4.23.3: Andelene av tunge kjøretøy innblandet i dødsulykker i Norge (2005-2015) som hadde ulike typer tekniske feil. Andre tunge kjøretøy er bl.a. traktorer og brøytebiler.

Følgende studier har undersøkt hvordan forekomst av tekniske feil på lastebiler påvirker ulykkesinnblandingen:

- Jones & Stein, 1989 (USA)
- Teoh et al., 2017 (USA)
- Shipp et al., 2019 (USA)
- Rahimi et al., 2020 (Iran)

De fleste studiene viser at lastebiler med en eller flere tekniske feil har langt høyere ulykkesrisiko enn lastebiler uten tekniske feil (tabell 4.23.5). Rahimi et al. (2020) viser at virkningen er langt større i dødsulykker enn i andre ulykker. Den største virkningen ble funnet i studien til Teoh et al. (2017) for ulykker hvor lastebilen er utløsende enhet.

Kun Shipp et al. (2019) fant lavere skaderisiko i lastebiler med tekniske feil. Dette gjelder førere av tømmerbiler i eneulykker og resultatet er ikke statistisk signifikant. En mulig forklaring kan være at farten er lavere i ulykker med tømmerbil med vs. uten tekniske feil.

De store risikoøkningene kan delvis være påvirket av andre faktorer som henger sammen med både forekomst av tekniske feil og risiko (f.eks. egenskaper ved førere, sikkerhetskultur i bedriften ...). Man kan derfor ikke uten videre konkludere at utbedring av tekniske feil vil føre til ulykkesreduksjoner som tilsvarer risikoøkningene som er vist i tabellen.

Tabell 4.23.5: Sammenheng mellom forekomst av tekniske feil på tunge kjøretøy (minst en tekniske feil vs. ingen tekniske feil) og ulykkesrisiko eller skadegraden i ulykker.

Studie	Ulykker	Skadegrad	Virkning på ulykker/skadegrad
Jones & Stein, 1989 (USA)	Alle ulykker	Alle skadegrader	+72% (+35; +118)
Teoh et al., 2017 (USA)	Alle ulykker	Alle skadegrader	+210% (+89; +406)
Teoh et al., 2017 (USA)	Ulykke med lastebil som utløsende enhet	Alle skadegrader	+380% (+83; +1158)
Rahimi et al., 2020 (Iran)	Eneulykker	Drept (vs. ikke drept)	+79% (+17; +175)
Rahimi et al., 2020 (Iran)	Eneulykker	Skadd (vs. ikke skadd)	+12% (-10; +40)
Shipp et al., 2019 (USA)	Eneulykker (tømmerbiler)	Skadd (vs. ikke skadd)	-67% (-90; +11)

Hvordan spesifikke typer tekniske feil påvirker ulykkesrisikoen er beskrevet i de følgende avsnittene.

Tekniske feil: Bremsler

Forekomsten av ulike typer tekniske feil og mangler på lastebiler i Norge blir regelmessig undersøkt av Statens vegvesen (2013, 2014). Resultatene viser at andelen tunge kjøretøy (lastebiler over 7,5 tonn) med ikke-godkjente bremsler i 2005-2012 har vært mellom 16% og 27%. Den mest vanlige feilen var for svak bremsvirkning på tilhengeren (mellom 9 og 15% av lastebilene), fulgt av skjevhet over én aksel på over 50% (mellom 7 og 13% av lastebilene). Kun relativt få hadde for svak bremsvirkning på bil/trekkvogn (mellom 3 og 6% av lastebilene). Andelen med feil på bremsler var høyere blant utenlandsregistrerte lastebiler (31%) enn blant norskregistrerte (20%) i 2012.

Virkinger av feil på bremsler på tunge kjøretøy (som regel store lastebiler) på antall ulykker eller skadegraden i ulykker er undersøkt i de følgende studiene:

- Jones & Stein, 1989 (USA)
- Khattak et al., 2003 (USA)
- Blower et al., 2010 (USA)
- Chen & Chen, 2011 (USA)
- Teoh et al., 2017 (USA)
- Høye, 2018 (Norge)
- Wang & Prato, 2019 (Kina)

Resultatene er oppsummert i tabell 4.23.6.

Tabell 4.23.6: Resultater fra studier av sammenhengen mellom feil på bremses og ulykker eller skadegraden i ulykker.

Studie	Ulykker	Skadegrad	Virkning på ulykker/skadegrad
<u>Ulykkesrisiko</u>			
Jones & Stein, 1989 (USA)	Alle ulykker	Alle skadegrader	+60% (+2; +139)
Teoh et al., 2017 (USA)	Alle ulykker	Alle skadegrader	+45% (-18; +156)
<u>Velt (vs. ikke velt i ulykke)</u>			
Khattak et al., 2003 (USA)	Ulykker med velt	Alle skadegrader	Uendret risiko
<u>Ulykke med lastebil som utløsende enhet (vs. innblandet i ulykke)</u>			
Blower et al., 2010 (USA)	Alle ulykker: 0-50% av maks. tillatt last	Alle skadegrader	+38%
Blower et al., 2010 (USA)	Alle ulykker: >50% av maks. tillatt last	Alle skadegrader	+247%
Teoh et al., 2017 (USA)	Alle ulykker	Alle skadegrader	+750% (+96; +3579)
Høye, 2018 (Norge)	Alle ulykker	Dødsulykker	+298% (+28; +1136)
<u>Skadegrad</u>			
Khattak et al., 2003 (USA)	Ulykker med velt	Alvorlig skade (vs. lett skadd)	Høyere skadegrad (ns)
Chen & Chen, 2011 (USA)	Eneulykker	Drept/hardt skadd (vs. lett skadd)	-12%
Chen & Chen, 2011 (USA)	Flerpartsulykker	Drept/hardt skadd (vs. lett skadd)	+7%
Wang & Prato, 2019 (Kina)	Alle ulykker	Drept (vs. ikke drept)	+15%

Med ett unntak (Chen & Chen, 2011) viser alle studiene at feil på bremses medfører økt ulykkesrisiko, i gjennomsnitt med omtrent 50%.

Risikoen for å være utløsende enhet i en ulykke øker også. Virkningen avhenger av lasten (Blower et al., 2010): Når lastebilen er lastet med under 50% av maksimalt tillatt last, er økningen på 38%. Når den er lastet med over 50% av maksimalt tillatt last, er økningen på 247%.

For velteulykker ble det ikke funnet noen endring (Khattak et al., 2003).

For skadegraden i ulykker med lastebiler med vs. uten feil på bremses ble det kun funnet relativt små og sprikende effekter.

Oppsummering: Feil på bremses øker ulykkesrisikoen med omtrent 50%. Økningen er størst med tung last.

Tekniske feil: Hjul/dekk

Virkinger av feil på hjul/dekk på tunge kjøretøy (som regel store lastebiler) på antall ulykker eller skadegraden i ulykker er undersøkt i de følgende studiene:

- Jones & Stein, 1989 (USA)
- Bareket et al., 2000 (USA)
- Blower et al., 2010 (USA)
- Chen & Chen, 2011 (USA)
- Islam, 2015 (USA)
- Teoh et al., 2017 (USA)
- Høye, 2018 (Norge)
- Azimi et al., 2020 (USA)

Resultatene er oppsummert i tabell 4.23.7. I de fleste studiene er det ikke spesifisert hva slags feil det er på dekk eller hjul, f.eks. om det er slitte (glatte) dekk eller punkterte dekk.

Tabell 4.23.7: Resultater fra studier av sammenhengen mellom feil på hjul/dekk og ulykker eller skadegraden i ulykker.

Studie	Ulykker	Skadegrad	Virkning på ulykker/skadegrad
<u>Virksomheter på ulykkesrisiko</u>			
Jones & Stein, 1989 (USA)	Alle ulykker	Alle skadegrader	Ingen sammenheng
Teoh et al., 2017 (USA)	Alle ulykker	Alle skadegrader	+238% (+82; +528)
<u>Virksomheter på ulykkesrisiko: Lastebil utløsende enhet (vs. innblandet i ulykke)</u>			
Blower et al., 2010 (USA)	Alle ulykker	Alle skadegrader	Feil på dekk: +18% Feil på hjul: +31%
Teoh et al., 2017 (USA)	Alle ulykker	Alle skadegrader	+1200% (+70; +9838)
Høye, 2018 (Norge)	Alle ulykker	Dødsulykker	Stor økning
<u>Virksomheter på skadegrad</u>			
Chen & Chen, 2011 (USA)	Eneulykker	Drept/hardt skadd	+24%
Chen & Chen, 2011 (USA)	Flerpartsulykker	Drept/hardt skadd	+39%
Islam, 2015 (USA)	Flerpartsulykker	Hardt skadd	+5,2%
Bareket et al., 2000 (USA)	Alle ulykker	Drept	+9% (-15; +40)
Azimi et al., 2020 (USA)	Ulykke med velt	Personskade (vs. kun materiell skade)	+6% (sign.)

Med ett unntak (Jones & Stein, 1989) viser resultatene at feil på hjul eller dekk medfører økt ulykkesrisiko og økt skadegrad i ulykker. Størrelsen på effektene spriker mye mellom studiene.

Noen av studiene har undersøkt virkningen av både feil på hjul/dekk og feil på bremses. Av disse har tre studier funnet større økninger av risikoen for ulykker eller alvorlige skader ved feil på hjul/dekk enn ved feil på bremses (Teoh et al., 2017; Høye, 2018; Chen & Chen, 2011). To av studiene fant derimot større risikøkninger for feil på bremses (Jones & Stein, 1989; Blower et al., 2010).

Fartsgrense: Woodroffe et al. (2008) viser at dekk på tunge kjøretøy oftere punkterer på vegger med høyere fartsgrenser (over 97 km/t og især over 113 km/t) enn ved lavere fartsgrenser.

Lastebilens vekt: Haq et al. (2020) viser at tunge lastebiler (>11,8 tonn) har høyere risiko for at dekk punkterer en lettere lastebiler.

Originale vs. reparerte dekk: I studien til Woodroffe et al. (2008) tyder resultatene på at dekk som har vært reparert («retreaded»), ikke har høyere risiko for punktering enn originale (ikke-reparerte) dekk.

Årsaker til punkterte dekk på lastebiler: I en amerikansk studie (Woodroffe et al., 2008) er den mest typiske årsaken til at dekk på lastebiler punkterer for lavt lufttrykk (dvs. at dekkets kjøreflate løsner som følge av bevegelsene; dette gjelder ca. halvparten av punkteringene), fulgt av vegrelaterte faktorer (f.eks. spisse gjenstander eller hull i vegen; ca. en tredjedel av punkteringene).

Dekkplassing: Bareket et al. (2010) viser at ulykkesrisikoen ved punkterende dekk er størst når det er dekk på styrende aksel som punkterer. Dette fører nesten alltid til at man mister kontroll. Lastebilen har en tendens til å kjøre i den retningen hvor dekket punkterer, dvs. at punktering på venstre framhjul medfører størst risiko for møteulykker, mens punktering på høyre framhjul medfører størst risiko for utforkjøring til høyre.

Oppsummering: Feil på dekk/hjul øker ulykkesrisikoen og skadegraden i ulykker, men det er stor variasjon i effektstørrelse. Det er også usikkert hvorvidt feil på dekk/hjul har større eller mindre effekt enn feil på bremses.

Tekniske feil: Styring

Virkingen av feil på styringen på tunge kjøretøy (som regel store lastebiler) er undersøkt av:

Jones & Stein, 1989 (USA)
Blower et al., 2010 (USA)

Begge studiene fant store risikoøkninger for vogntog med feil på styringen. Ulykkesrisikoen økte med 160% (+17; +495) i studien til Jones og Stein (1989). Risikoen for å være utløsende enhet (vs. kun innblandet i en ulykke) økte med 43% i studien til Blower et al. (2010).

Oppsummering: Feil på styringen har vist seg å øke ulykkesrisikoen, men størrelsen på effekten er usikker.

Tekniske feil: Belysning

Teoh et al. (2017) viser at feil på belysningen på store lastebiler øker ulykkesinnblandingen med 125% (+44; +251) i alle ulykker, og med 360% (+75; +1110) i ulykker hvor lastebilen har kjørt på et annet kjøretøy. Dette gjelder når man ser på alle ulykkene under ett, både i mørke og i dagslys.

Oppsummering: Feil på belysningen øker ulykkesrisikoen.

Tekniske feil: Fjæring og støtdemping

Feil på fjæring og støtdemping er relativt sjeldne. I studien til Haq et al. (2020; USA) var det kun 0,6% av ulykkesinnblandede lastebiler som hadde feil på støtdempingen. I studien til Blower et al. (2010; USA) var det 2,6%, og disse hadde 5% høyere risiko for å være utløsende enhet (vs. innblandet uten å være utløsende enhet).

Oppsummering: Feil på fjæring eller støtdemping kan trolig øke ulykkesrisikoen; i én studie ble det funnet en økning av risikoen for å være utløsende enhet i en ulykke på 5%.

Stabilitet og last: Tyngdepunkt

Lastebiler og vogntog har som regel høyere tyngdepunkt enn personbiler. Et høyt tyngdepunkt øker som regel risikoen for velt.

Studier fra USA (Winkler, 2000; Winkler & Ervin, 1999) viser at lastebiler tåler langt mindre sideakselerasjoner før de velter, enn personbiler. Maksimale sideakselerasjoner (målt i g, høyere verdier representerer høyere sideakselerasjon) som ulike typer kjøretøy vanligvis tåler uten å velte er ifølge disse studiene:

- Personbiler: Over 1g
- Pickuper, SUVer og varebiler: 0,8 - 1,2g
- Lastebiler: Ofte under 0,5g
- Tankbiler: Omtrent 0,35g.
- Lastebil med full last: Kan være under 0,2g

Generelt er det en tett sammenheng mellom den maksimale sideakselerasjonen og andelen velteulykker av alle eneulykker. En økning av grenseverdien for maksimal sideakselerasjon på 0,1g medfører i gjennomsnitt en reduksjon av velterisikoen på 50% (Winkler & Ervin, 1999). Dette gjelder for grenseverdier mellom 0,4 og 0,7g.

Et høyt tyngdepunkt av lasten har vært en medvirkende faktor i åtte av 15 eneulykker med vogntog i årene 2005-2008 (Assum og Sørensen, 2010). Også her er antall ulykker for lite til å trekke generaliserbare konklusjoner.

Oppsummering: Et høyere tyngdepunkt fører til dårligere stabilitet hvis alt annet er likt, og kan dermed øke risikoen for velt.

Stabilitet og last: Sikring av last

Statens vegvesens tilstandsundersøkelser (Statens vegvesen, 2013, 2014) viser at andelen tunge kjøretøy (lastebiler over 7,5 tonn) med ikke-godkjent lastsikring har vært mellom 8% og 13% i 2005-2013 i Norge. Andelen med ikke-godkjent lastsikring var betydelig høyere blant utenlandsregistrerte lastebiler (2012: 15%) enn blant norskregistrerte lastebiler (2012: 6%).

Dårlig sikring av last kan redusere stabiliteten og øke både ulykkes- og skaderisikoen. Når last er plassert uheldig eller beveger/forskyver seg under kjøringen, kan dette øke risikoen for å miste kontrollen velte. For førere av vogntog, især lastebiler med tilhenger, er det i tillegg vanskelig eller umulig å oppfatte hvordan bevegelig eller forskjøvet last på tilhengeren påvirker bilens kjøreegenskaper (Winkler & Ervin, 1999).

Tre studier har undersøkt sammenhengen mellom sikring av last og risikoen for å være utløsende enhet i en ulykke:

Blower et al., 2010 (USA)

Høye, 2018 (Norge)

Shipp et al., 2019 (USA)

Blower et al. (2010) og Høye (2019) viser at tunge kjøretøy som er innblandet i ulykker, oftere er utløsende enhet i ulykken når de har dårlig sikret last, enn når de har ingen eller korrekt sikret last. Risikoen for å være utløsende enhet er henholdsvis 28 (Høye, 2018: dødsulykker) og 1,34 (Blower et al., 2010: alle ulykker) ganger så høy for lastebiler med mangelfull sikring av last som for lastebiler med korrekt sikring av last. Det kan være en direkte konsekvens av dårlig lastsikring, men det kan også være andre forskjeller mellom lastebiler med vs. uten dårlig sikret last som bidrar til forskjellen.

I studien til Shipp et al. (2019) har førere av tømmerbiler som er innblandet i eneulykker, 147% høyere risiko for å bli skadd når lasten forskyver seg eller faller av, enn når det ikke er tilfelle.

Et annet problem knyttet til mangelfull sikring av last er at det kan forårsake skader på lasten og at det kan føre til ulykker og skader under avlastning av lastebilen eller hengeren (Singh et al., 2014).

Oppsummering: Dårlig sikring av last øker velterisikoen og kan medføre økt risiko for å være utløsende enhet i ulykker.

Stabilitet og last: Tiltak mot skvalping i tankbiler

I de fleste godsbiler er lasten sikret slik at den ikke beveger eller forflytter seg under kjøringen. I noen tilfeller kan derimot lasten bevege seg. Dette gjelder hovedsakelig tankbiler og lastebiler som transporterer levende dyr eller slaktede (hengende) dyr.

Når en tank er delvis fylt med væske, kan væsken bevege seg både fram og tilbake og sideveis. Sideveis-bevegelser kan øke risikoen for velt. Mange tankbiler er derfor utstyrt med skvalpeskott, dvs. mellomvegger (engelsk: baffle) som hindrer væsken i å bevege seg fram og tilbake og/eller sideveis inne i en tank. Det finnes mange ulike konfigurasjoner, og både utforming og plassering av skvalpeskott og formen på tanken påvirker hvordan væske beveger seg under kjøringen, og dermed bilens veltestabilitet (Kang, Rakheja & Stiharu, 1999; Strandberg, 1978; Winkler, 2000).

Vi har ikke funnet studier som har undersøkt hvordan skvalpeskott eller tankformer påvirker ulykkesrisikoen.

Stabilitet: Elektroniske stabilitetskontroll og veltekontroll (RSC og ESC)

Velteulykker med tunge kjøretøy er i gjennomsnitt mer alvorlige for føreren enn velteulykker med lette kjøretøy (Anarkooli et al., 2017). Dette er i motsetning til øvrige ulykker hvor førere av tunge kjøretøy som regel er bedre beskyttet mot alvorlige skader enn førere av lette kjøretøy.

En spesiell type ulykker med trekkbil med semitrailer er såkalt jackknifing (jackknife = foldekniv). Jackknifing betyr at trekkbil og semitrailer «klapper sammen som en lommekniv» (Henning, 1959). Dette kan skje når trekkvognens bakhjul sklir ut mot siden og når semitraileren sklir ut mot siden. Begge delene kan skje bl.a. når hjulene på henholdsvis trekkbil eller semitrailer blokkerer. Å rette opp en begynnende jackknife manuelt er svært vanskelig da nedbremsing vil forverre problemet.

Ulike elektroniske systemer kan redusere risikoen for at lastebiler velter, mister kontrollen eller jackknifer. Man kan skille mellom to ulike typer (Murray et al., 2012):

- **Elektronisk stabilitetskontroll (electronic stability control, ESC):** Aktiveres når det er fare for at lastebilen velter eller mister kontrollen og f.eks. jackknifer. Slike systemer har vært på markedet siden 2005 for lastebiler.
- **Veltekontroll (roll stability control, RSC):** Aktiveres når det er fare for at lastebilen velter som følge av f.eks. for høy fart i en kurve. Slike systemer har vært på markedet siden 2002.

Det finnes ulike systemer, og de enkelte systemene kan være tilpasset ulike typer kjøretøy. For eksempel finnes systemer som er spesifikt rettet mot å forhindre jackknife-ulykker med semitrailer gjennom målrettet nedbremsing av semitraileren (Zhou et al., 2011).

Følgende studier har undersøkt virkninger på ulykker av elektroniske stabilitetskontrollsystemer for tunge lastebiler:

Murray et al., 2012 (USA)
Blower & Woodroffe, 2013 (USA)
Hickman et al., 2015 (USA)
Teoh et al., 2017 (USA)

Det er ikke mulig å beregne sammenlagte effekter. Tabell 4.23.8 viser derfor en oversikt over resultatene fra de enkelte studiene.

Tabell 4.23.8: Resultater fra studier av virkningen av RSC på ulykker med tunge lastebiler.

Studie	System	Skadegrad	Ulykker	Virkning
Murray et al., 2012 (USA)	RSC	Alle skadegrader	Jackknife	-76%
	ESC	Alle skadegrader	Jackknife	-73%
	RSC	Alle skadegrader	Velt	-60%
	ESC	Alle skadegrader	Velt	-47%
Blower & Woodroffe, 2013 (USA)	RSC	Alle skadegrader	Velt	-25%
Hickman et al., 2015 (USA)	RSC	Alle skadegrader	Velt som teoretisk kan være påvirket av RSC	-36% (-47; -22)
Teoh et al., 2017 (USA)	RSC	Personskade	Alle ulykker*	-19% (-57; +53)
	RSC	Personskade	Kollisjoner*	-35% (-70; +41)

*Kun trekkbil med semitrailer

De største virkningene ble funnet for jackknifing (Murray et al., 2012), med omtrent like stor virkning av ESC og RSC.

For ulykker med velt er det også funnet relativt store reduksjoner, mellom -25% og -60%. Murray et al. (2012) fant en noe større virkning av RSC enn av ESC. Resultatene av Hickman et al. (2015) gjelder kun velteulykker som teoretisk kan være påvirket av RSC; ulykker som ikke antas å være påvirket av RSC er bl.a. ulykker hvor lastebilen hadde kollidert med et annet kjøretøy før det veltet, og hvor føreren har vært påvirket av alkohol eller narkotika.

Teoh et al. (2017) fant en større effekt på antall flerpartsulykker enn på det totale antall ulykker. Dette virker overraskende da man ville forvente en større effekt på eneulykker (som oftere involverer velt) enn kollisjoner. Begge resultatene er imidlertid langt fra å være statistisk signifikante.

Oppsummering: Elektronisk stabilitetskontroll for tunge kjøretøy reduserer antall velteulykker med mellom 25 og 60%.

Stabilitet: Styrende bakaksel

De aller fleste kjøretøy styres kun med framhjulene, men på tunge kjøretøy, især vogntog og semitrailere, er det relativt vanlig at også hjulene på de bakerste akslene styres. Ved lav fart styres bakhjulene i motsatt retning til framhjulene, mens bakhjulene ved høyere fart (som regel fra 30 til 60 km/t) styres parallelt med framhjulene.

Formålet med styrende bakaksel kan være å øke stabiliteten ved høyere fart, å øke manøvrerbarheten ved lav fart, å redusere plassbehovet ved kjøring gjennom krappe kurver, og å redusere dekkslitasje.

Det finnes både aktive og passive styrende bakaksler. Hjulene på en **passiv** styrende bakaksel (selvstyrende bakaksel) kan dreie seg ved kjøring gjennom krappe kurver ved lav fart, hovedsakelig for å redusere slitasje på dekkene (Taramoeroa & de Pont, 2009). Styrende aksler på semitrailere skal normal låse seg over 40 km/t. Hvis låsingene ikke fungerer, kan dette medføre redusert stabilitet (Assum & Sørensen, 2010).

En **aktiv** styrende bakaksel kan gi bedre stabilitet ved høyere fart og raske svingebevegelser (Gies, 1991; Kharrazi et al., 2008; Russell, 2018; Williams & Sherwin, 2010). Styringen er som regel elektronisk (Holmgren & Bengtsson, 2013).

Flere studier viser med hjelp av simuleringer og baneforsøk at tunge kjøretøy med styrende bakaksel (i forhold til tunge kjøretøy uten styrende bakaksel) har en rekke fordeler:

- Bedre styrbarhet og kjøredynamikk, både ved lav og høy fart (Odhams et al., 2011; Williams & Sherwin, 2010)
- Mer stabil kjøring gjennom et dobbelt kjørefeltskifte og lavere sideakselerasjon på tilhengeren i kurver ved høyere fart (Kharrazi et al., 2008; Odhams et al., 2011)
- Mindre behov for store rattbevegelser (Kharrazi et al., 2008)
- Mindre plassbehov, både ved kjøring i krappe kurver og ved høyere fart (Odhams et al., 2011)
- Kortere bremsveg (-10%) på underlag med ulik friksjon på høyre og venstre side (såkalt split- μ braking; Kharrazi et al., 2008)
- Mindre slitasje på dekk (Odhams et al., 2011; Kharrazi et al., 2008; Williams & Sherwin, 2010).

Det er ikke funnet studier av hvordan styrende bakaksel påvirker ulykkesrisikoen. Norske dybdestudier av 15 eneulykker med vogntog og 18 møteulykker der vogntog var utløsende part, viser at tekniske problemer med styrbar aksel på en semitrailer sannsynligvis var medvirkende faktor i to av eneulykkene og i én av møteulykkene (Assum & Sørensen, 2010). Antall ulykker er for lite til å trekke noen konklusjoner om hvor vanlig slike feil er.

Oppsummering: Styrende bakaksel forbedrer bilenes styrbarhet og kjøredynamikk, både i krappe kurver ved lav fart og ved høyere fart, men det er ikke funnet studier av virkningen på ulykker.

Organisatoriske tiltak: Trygg Trailer

Trygg Trailer er et samarbeidsprosjekt mellom Statens vegvesen og transportkjøpere (<https://www.vegvesen.no/kjoretøy/yrkestransport/trygg-trailer>). Bedrifter kan på frivillig basis være med på prosjektet. Formålet er at bedrifter som kjøper transport, kan sjekke dekk og kjettinger på vogntog. Dersom disse ikke er i orden, kan bedriften si fra til transportbedriften, samt nekte å laste slike vogntog.

Vi kjenner ikke til noen evalueringer av tiltaket.

Organisatoriske tiltak: Tiltak mot ryggeulykker

Wishart et al. (2017) har sammenlignet utviklingen over tid av antall ryggeulykker i tre bedrifter som satte inn ulike tiltak mot ryggeulykker. Resultatene viser følgende:

- Ingen tiltak: Flere ryggeulykker (ikke statistisk signifikant)
- Tekniske systemer (ryggekameraer): Flere ryggeulykker (ca. dobling)
- Program for atferdsendring: Færre ryggeulykker (ca. halvering).

Resultatene tyder på at et program for atferdsendring kan være svært effektivt, mens tekniske systemer kan øke antall ryggeulykker.

3.4 Virkning på framkommelighet

De fleste av tiltakene som er beskrevet i dette kapitlet, har ingen dokumenterte virkninger på framkommeligheten. Tekniske feil og dårlig sikret last kan redusere framkommeligheten dersom føreren tilpasser kjøringen eller lar være å kjøre til feilene er utbedret. Alle tiltak som kan forhindre at tunge kjøretøy kjører utfor eller velter, kan forhindre situasjoner hvor annen trafikk får store forsinkelser.

3.5 Virkninger på miljøet

Underkjøringshindre foran kan påvirke kjøretøyenes luftmotstand og dermed drivstofforbruket (Galipeau-Bélaire et al., 2014). Effekten avhenger av den konkrete utformingen.

Utover dette har tiltakene som er beskrevet i dette kapitlet, ingen dokumenterte virkninger på miljøforhold.

3.6 Kostnader

Det er stor variasjon i kostnadene for tiltakene som er beskrevet i dette kapitlet., Kostnadene avhenger i stor grad av den konkrete utformingen av tiltakene, og forventes også å variere mellom land og å endre seg over tid. Eksempler på kostnadsanslag er:

- Underkjøringshinder foran, bak eller på siden: 100-200 AUS- $\text{\$}$; underkjøringshinder bak kan imidlertid koste opptil 500 AUS- $\text{\$}$, og opp til 1.500 AUS- $\text{\$}$ for energiabsorberende underkjøringshinder (Haworth & Symmons, 2003, Australia).
- Blindsonespeil: 150€ (Langeveld & Schoon, 2004, Nederland)
- Blindsonespeil: 900€ (Langeveld & Schoon, 2004, Nederland)
- Konturmarkering: 400€ (Langeveld & Schoon, 2004, Nederland; TÜV Rheinland, 2004, Tyskland).

3.7 Nytte-kostnadsanalyse

Det er funnet flere studier som har anslått forholdet mellom nytte og kostnader ved ulike typer sikkerhetsutstyr. Tabell 4.23.9 viser en oversikt over resultatene. Med ett unntak som gjelder underkjøringshinder, viser alle studiene at sikkerhetsutstyr har større nytte enn kostnader.

Tabell 4.23.9: Resultater fra nytte-kostnadsanalyser av sikkerhetsutstyr for tunge kjøretøy.

Studie	Tiltak	Antatt effekt på relevante ulykker	Nytte-kostnadsforhold	Nytte > kostnader?
Langeveld & Schoon, 2004 (Nederland)	Underkjøringshinder foran, bak og på siden	-25% - -35%	0,36-0,43	Nei
Haworth & Symmons, 2003 (Australia)	Underkjøringshinder foran / på siden / bak	-15% (drepte); -30% (alvorlig skadde)	Foran: 5,1 Side: 3,1 Bak: 1,8	Ja
Elvik, 1999 (Norge)	Underkjøringshinder foran, bak og på siden	-10%	3,0	Ja
Langeveld & Schoon, 2004 (Nederland)	Blindsonespeil	-40%	6,33	Ja
Langeveld & Schoon, 2004 (Nederland)	Blindsonespeil	-40%	1,67	Ja
Langeveld & Schoon, 2004 (Nederland)	Konturmarkering	-21% - -38%	1,77	Ja
TÜV Rheinland, 2004 (Tyskland)	Konturmarkering	-100% (teoretisk effekt)	2,04	Ja
Reinsberg, 2004 (USA)	Konturmarkering	-15%	1,58	Ja

3.8 Formelt ansvar og saksgang

Initiativ til tiltaket

Tekniske krav til tunge kjøretøy er fastsatt i Kjøretøyforskriften og i stor grad regulert av EU-Direktiver. En oversikt over disse forskriftene finnes i boken «Vegtrafikklovgivningen», utgitt årlig av Cappelen forlag. Endringer av forskriftene vedtas som hovedregel av Vegdirektoratet.

Formelle krav og saksgang

Tekniske krav og krav til sikkerhetsutstyr for tunge kjøretøy er gitt i en rekke EU-direktiver.

Underkjøringshinder: Påbud om underkjøringshinder og sidehinder ble innført i Norge i henholdsvis 1983 og 1988, og er i dag regulert av EU-direktiver.

Vekt og lengde på tunge kjøretøy: Bestemmelser om største lengde, totalvekt og største bredde på kjøretøy oppdateres årlig for riksveger av Vegdirektoratet. De oppdaterte bestemmelsene utgis i form av en vegliste, som for enhver riksvegstrekning i Norge angir maksimalgrensene for kjøretøys dimensjoner. For det meste av riksvegnettet er største bredde 2,5 meter, største lengde 18,5 meter og største totalvekt for vogntog 50 tonn.

Bremsesystemer: Krav til bremsesystemer er spesifisert i kjøretøyforskriften. ESC er ifølge EU-direktiv obligatorisk på alle nye tunge kjøretøy som blir produsert i EU-land fra nov. 2011.

Konturmarkering er ikke obligatoriske, men retningslinjer er gitt i ECE105 av UNECE (United Nations Economic Commission for Europe).

Blindsonespeil er ifølge EU-direktiver obligatoriske siden 2003.

Bedriftsinspeksjoner og sertifisering. Det gjennomføres bedriftsinspeksjoner hvor overholdelse av kjøre- og hviletid inspiseres.

Ansvar for gjennomføring av tiltaket

Eier av kjøretøy er ansvarlig for å rette seg etter de bestemmelser om dimensjoner og andre krav til kjøretøy som til enhver tid gjelder. Statens vegvesen utfører kontroll av disse bestemmelsene ved et antall utekontrollstasjoner med veieplass. Ved overlasting ilegges et gebyr som avhenger av overlastens størrelse. Ved alvorlige tekniske feil og mangler nektes kjøretøyet brukt og må hensettes på utekontrollplassen for å bli tauet bort.

3.9 Referanser: Sikkerhetsutstyr på tunge kjøretøy

- Allen, K. (2010). The effectiveness of ABS in heavy truck tractors and trailers (No. HS-811 339).
- Anarkooli, A.J., Hosseinpur, M., & Kardar, A. (2017). Investigation of factors affecting the injury severity of single-vehicle rollover crashes: A random-effects generalized ordered probit model. *Accident Analysis & Prevention*, 106, 399-410.
- Assum, T. & Sørensen, M. W. J. (2010). 130 dødsulykker med vogntog. Gjennomgang av dødsulykker i 2005-2008 gransket av Statens vegvesens ulykkesanalysegrupper. TØI-Rapport 1061/2010. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Azimi, G., Rahimi, A., Asgari, H., & Jin, X. (2020). Severity analysis for large truck rollover crashes using a random parameter ordered logit model. *Accident Analysis & Prevention*, 135, 105355.
- Bareket, Z., Blower, D.F., & MacAdam, C. (2000). Blowout resistant tire study for commercial highway vehicles. Final Report, UMTRI-2000-28.
- Behrendorff, I. & Hansen, L. K. S. (1994). Sidespejle på lastbiler - brug og effekt af nærzone- og vidvinkelspejle. RfT-rapport 1/1994. København, Rådet for Trafikksikkerhedsforskning.
- Berces, A. (2011). Improving road safety by increased truck visibility. Paper presented at the Proceedings of the Australasian road safety research, policing and education conference.
- Berg, A., Krehl, M., Riebeck, L., & Breitling, U. (2004). Passive Sicherheit bei Lkw-Pkw-Kollisionen. In: ATZ - Automobiltechnische Zeitschrift, 2004, 1, 34-39.
- Berg, A. (2017). Heckunterfahrerschutz-Historie, neue Anforderungen, Beispiele und ergänzende Informationen. *VKU Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik*, 55(7/8).
- Bjørnskau, T. (2020). Risiko i vegtrafikken 2017/2018. TØI-Rapport 1782/2020.
- Blower, D., & Woodrooffe, J. (2013). Real-World Safety Effect of Roll Stability Control (0148-7191). *SAE Technical Papers* 2013-01-2392.
- Blower, D., Green, P.E., & Matteson, A. (2010). Condition of Trucks and Truck Crash Involvement: Evidence from the Large Truck Crash Causation Study. *Transportation Research Record*, 2194(1), 21-28.
- Brumbelow, M. L. (2012). Potential Benefits of Underride Guards in Large Truck Side Crashes. *Traffic Injury Prevention*, 13(6), 592-599.
- Brumbelow, M. L., & Blonar, L. (2010). Evaluation of US rear underride guard regulation for large trucks using real-world crashes. *Stapp car crash journal*, 54, 119.
- Chen, F. & Chen, S. (2011). Injury severities of truck drivers in single- and multi-vehicle accidents on rural highways. *Accident Analysis and Prevention*, 43, 1677-1688.
- Cookson, R. & Knight, I. (2010). Sideguards on heavy goods vehicles: assessing the effects on pedal cyclists injured by trucks overtaking or turning left. TRL published project report (PPR514). Crowthorne: Transport Research Laboratory.
- de Niet, M., Goldenbeld, C. & Langeveld, P. M. M. (2002). Veiligheidseffecten van retro-reflecterende contourmarkering op vrachtauto's. Report R-2002-16. Leidschendam, SWOV.

- Elvik, R. (1999). Cost-benefit analysis of safety measures for vulnerable and inexperienced road users. TØI-Report 435/1999. Oslo: Institute of Transport Economics.
- Epstein, A. K., Peirce, S., Breck, A., Cooper, C., & Segev, E. (2014). Truck Sideguards for Vision Zero. Report DOT-VNTSC-DCAS-14-01. US Department of Transportation, John A. Volpe National Transportation Systems Center.
- ETSC (2006). Fact Sheet Conspicuity: Conspicuity and Road Safety. Brussels: European Transport Safety Council.
- Fitch, G., Blanco, M., Hanowski, R., & Camden, M. (2011). Field Demonstration of Heavy Vehicle Camera/Video Imaging Systems. SAE International Journal of Commercial Vehicles, 4(2011-01-2245), 171-184.
- Fosser, S. (1979). Underkjøringshinder på godsbiler. En analyse av mulighetene for å redusere skadeomfanget mellom godsbiler og andre trafikanter. Rapport. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Galipeau-Bélaïr, P., El-Gindy, M., Ghantae, S., Critchley, D., & Ramachandra, S. (2014). Development of a regulation for testing the effectiveness of a rigid side underride protection device (SUPD). International Journal of Crashworthiness, 19(1), 89-103.
- Gies, S. (1991). Die Sicherheitsrelevanz neuer Fahrhilfen in Kraftfahrzeugen. Forschungsbericht 238. Bundesanstalt für Strassenwesen (BASt), Bergisch Gladbach.
- Govardhan, R., Waykar, V., Patel, M., Rahamaraman, R., & Padmanaban, J. (2020). Effectiveness of rear underrun protection devices in trucks for reducing passenger car fatalities and serious injuries in India. IRCOBI conference 2020.
- Haq, M.T., Zlatkovic, M., & Ksaibati, K. (2020). Assessment of tire failure related crashes and injury severity on a mountainous freeway: Bayesian binary logit approach. Accident Analysis & Prevention, 145, 105693.
- 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.
- Haworth, N., & Symmons, M. (2003). Review of truck safety - Stage 2: Update of crash statistics. Monash University Accident Research Centre - Report #205.
- Hennig, F. (1959). Amerikanske undersøkelser om kjøring på vinterføre. Norsk vegtidsskrift, Nr. 4, 73-78.
- Hickman, J.S., Guo, F., Camden, M.C., Hanowski, R.J., Medina, A., & Mabry, E. (2015). Efficacy of roll stability control and lane departure warning systems using carrier-collected data. Journal of Safety Research 52, 59-63.
- Holmgren, M. & Bengtsson, O. (2013). Rear axle steering for heavy trucks. Department of Signal and Systems, Division of Biomedical signals & systems, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden.
- Högström, K., L. Svenson & B. Thörnquist. (1974). Olycksfalls undersökning. Dödsolyckor tung lastvagn/personvagn. Rapport 2. AB Volvo Lastvagnar Trafiksäkerhetsavdelingen, Göteborg.
- Högström, K., Svenson, L. & Thörnquist, B. (1973). Olycksfallsundersökning. Tung lastvagn/oskydad trafikant. Rapport 1. AB Volvo Lastvagnar Trafiksäkerhetsavdelingen, Göteborg.
- Høy, A. (2018). Sikkerhetsutstyr på tunge kjøretøy. Trafikksikkerhetshåndboken (kapittel 4.23). www.tshandbok.no (last accessed: 27. januar, 2022).
- Islam, M. (2015). Multi-vehicle crashes involving large trucks: a random parameter discrete outcome modeling approach. J. Transp. Res. Forum, 54 (1), 77-104.
- Islam, M., Hosseini, P., & Jalayer, M. (2022). An analysis of single-vehicle truck crashes on rural curved segments accounting for unobserved heterogeneity. Journal of Safety Research, 80, 148-159.
- Jermakian, J.S. (2012). Crash avoidance potential of four large truck technologies. Analysis and Prevention, 49, 338-346.
- Jones, I. S. & Stein, H. S. (1989). Defective equipment and tractor-trailer crash involvement. Accident Analysis & Prevention, 21(5), 469-481.

- Kahane, C. J. (1983). An Evaluation of Side Marker Lamps for Cars, Trucks and Buses. Report DOT HS-806-430. US Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, Washington DC.
- Kang, X., Rakheja, S., & Stiharu, I. (1999). Optimal tank geometry to enhance static roll stability of partially filled tank vehicles. *SAE transactions*, 542-553.
- Kharrazi, ., Lidberg, M., Lingman, P., Svensson, J.-I., Dela, N. (2008). The effectiveness of rear axle steering on the yaw stability and responsiveness of a heavy truck. *Vehicle System Dynamics*, 46.
- Khattak, A.J., Schneider, R.J., & Targa, F. (2003). Risk factors in large truck rollovers and injury severity: Analysis of single-vehicle collisions. *Proceedings of the Transportation Research Board 82nd Annual Meeting*, Paper.
- Knight, I., Dodd, M., Bowes, D., Donaldson, W., Smith, T., Neale, M., . . . Couper, G. (2005). Integrated safety guards and spray suppression - Final summary report. Published Project Report (PPR075). Crowthorne: Transport Research Laboratory.
- Lambert, J., & Rechnitzer, G. (2002). Review of truck safety Stage 1: Frontal, side and rear underrun protection. Report No. 194. MONASH University Accident Research Centre.
- Langeveld, P. M. M., & Schoon, C. C. (2004). Kosten-batenanalyse van maatregelen voor vrachtauto's en bedrijven. Leidschendam: SWOV.
- Langwieder, K.; Gwehenberger, J.; Kandler, M. (2001): Heckunterfahrerschutz bei Nutzfahrzeugen. Eine Wirksamkeitsstudie im Hinblick auf Unfallfolgen und Reduktionspotentiale durch den HUS. München: GDV, Institut für Fahrzeugsicherheit.
- Lee, C., Kourtellis, A., Lin, P.-S., & Hsu, P. (2010). Rearview Video System as Countermeasure for Trucks' Backing Crashes: Evaluating the System's Effectiveness by Controlled Test. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* (2194), 55-63.
- Lin, P.-S., Lee, C., & Kourtellis, P. A. (2009). Evaluation of the Power Line Motor Carrier Rearview Video System. Report: Florida Department of Transportation. Tampa, FL.
- Lindgren, A., & Chen, F. (2006). State of the art analysis: An overview of advanced driver assistance systems (adas) and possible human factors issues. *Human factors and economics aspects on safety*, 38-50.
- Meuleners, L., Fraser, M. L., Govorko, M. H., & Stevenson, M. R. (2017). Determinants of the occupational environment and heavy vehicle crashes in Western Australia: A case-control study. *Accident Analysis & Prevention*, 99, 452-458.
- Minahan, D.J. & J. O`Day. (1977). Fatal car-into-truck/trailer underride collisions. *The HSRI Research Review*, 8, 1-15.
- Morgan, C. (2001). The effectiveness of retroreflective tape on heavy trailers. Report DOT HS 809 222. Washington DC: NHTSA.
- Murray, D., Pierce, D., Lueck, M., & Park, L. (2012). Roll stability systems: Cost-benefit analysis of roll stability control versus electronic stability control using empirical crash data. American Transportation Research Institute, Arlington, VA.
- Nævestad, T.O., Hesjevoll, I.S., Sagberg, F., Hovi, I.B. & Elvik, R. (2022). Tunge kjøretøys ulykkesrisiko i Norge. TØI-Rapport 1886/2022.
- Odhams, A. M. C., Roebuck, R. L., Jujnovich, B. A., Cebon, D. (2011). Active steering of a tractor-semi-trailer. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*.
- Patten, J., & Tabra, C. (2010). Side Guards for Trucks and Trailers Phase 1: Background Investigation. Ottawa: National Research Council Canada.
- Rahimi, E., Shamshiripour, A., Samimi, A., Mohammadian, A. (2020). Investigating the injury severity of single-vehicle truck crashes in a developing country. *Accident Analysis and Prevention*, 137.
- Rahimi, A., & He, Y. (2020). A review of essential technologies for autonomous and semi-autonomous articulated heavy vehicles. *Proceedings of the Canadian Society for Mechanical Engineering International Congress* (pp. 21-24).

- Rechnitzer, G., & Grzebieta, R. H. (2014). So you want to increase cycling on roads: then we need side underrun barriers on all trucks. Proceedings of the 2014 Australasian Road Safety Research, Policing & Education Conference.
- Reinsberg, H. (2004). Sichtbarkeit von Lkw: Erfahrungen aus den USA und Europa. Internationales Verkehrswesen, 56(12), 554-557.
- Robinson, B. J. & B. S. Riley. (1991). Improving HGV Safety - Front Underrun Guards and Antilock Braking Systems. Proceedings of 13th International Technical Conference on Experimental Safety Vehicles, 1275-1284, November 4-7, 1991, Paris, France.
- Robinson, T. L., Watteerson, B., Dodd, M., Minton, R., & Gard, R. (2009). The heavy vehicle crash injury study. Phase II report. Published Project Report PPR455. Transport Research Laboratory:
- Russell, B. (2018). Development and analysis of active rear axle steering for 8x8 combat vehicle.
- Schmidt-Clausen, H.J. (2000). Contour Marking of Vehicles. Final Report FO 76 / 00, 8. Darmstadt University of Technology, Laboratory of Lighting Technology.
- Shipp, E. M., Vasudeo, S., Trueblood, A. B., & Garcia, T. P. (2019). Single vehicle logging-related traffic crashes in Louisiana from 2010-2015. Journal of agromedicine, 24(2), 177-185.
- Singh, P., Singh, J., Antle, J., Topper, E., & Grewal, G. (2014). Load securement and packaging methods to reduce risk of damage and personal injury for cargo freight in truck, container and intermodal shipments. Journal of Applied Packaging Research, 6(1), 47-61.
- Smith, R.L., M. U. Mulholland & W. J. Burger. (1985). Field test evaluation of rearview mirror systems for commercial vehicles. Report No DOT HS 806 948 US Department of Transportation, Washington DC.
- Spainhour, L. K., Brill, D., Sobanjo, J. O., Wekezer, J., & Mtenga, P. V. (2005). Evaluation of traffic crash fatality causes and effects: A study of fatal traffic crashes in Florida from 1998-2000 focusing on heavy truck crashes. Final Report. Tallahassee, Florida: Department of Civil Engineering, Florida A&M University - Florida State University.
- Statens vegvesen (2013). Tilstandsundersøkelser 2012. Statens vegvesen, Vegdirektoratet, rapport nr. 7245.
- Stevens, S. S., Chin, S. M., Hake, K. A., Hwang, H.-L., Rollow, J. P. & Truett, L. F. (2001). Truck roll stability data collection and analysis. Oak Ridge, Tennessee: Center for Transportation Analysis.
- Strandberg, L. (1978). Tankfordons sidstabilitet. VTI-rapport 147. Statens väg- och trafikinstitut, Linköping.
- Talbot, R., Reed, S., Christie, N., Barnes, J., & Thomas, P. (2017). Fatal and serious collisions involving pedal cyclists and trucks in London between 2007 and 2011. Traffic Injury Prevention, 1-9.
- Taramoeroa, N. & de Pont, J. (2009). Optimization of heavy vehicle performance. NZ Transport Agency research report 387.
- Teoh, E. R., Carter, D. L., Smith, S., & McCartt, A. T. (2017). Crash risk factors for interstate large trucks in North Carolina. Journal of Safety Research, 62, 13-21. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jsr.2017.05.002>.
- TÜV & Rheinland. (2004). Conspicuity of heavy goods vehicles. Final Report by order of the European Commission. http://ec.europa.eu/transport/roadsafety_library/publications/conspicuity_final_report.pdf (last accessed 28. March 2010).
- Wang, Y., & Prato, C. G. (2019). Determinants of injury severity for truck crashes on mountain expressways in China: A case-study with a partial proportional odds model. Safety science, 117, 100-107.
- Wijnen, W., Bax, C., Stipdonk, H., Wegman, R., & Bos, N. (2015). Retrofit introduction of contour marking for lorries.
- Williams, D. & Sherwin, K.A. (2010). Vehicle Performance Improvement by Steering a Third Axle.
- Winkler, C. B. (2000). Rollover of heavy commercial vehicles. UMTRI Research Review, 31, 1-20. Society of Automotive Engineers technical paper series.

- Winkler, C. B. & Ervin, R. D. (1999). Rollover of heavy commercial vehicles. Report UMTRI-99-19. Ann Arbor: University of Michigan Transportation Research Institute.
- Wishart D., Somoray K., Rowland B. (2017) Reducing Reversing Vehicle Incidents in Australian Fleet Settings—A Case Study. In: Stanton N., Landry S., Di Bucchianico G., Vallicelli A. (eds) Advances in Human Aspects of Transportation. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 484. Springer, Cham.
- Wismans, J. (2016). What are the most significant safety improvements that can be made to trucks used in urban and rural areas? Gothenburg, Safer—Vehicle and Traffic Safety Centre at Chalmers University, 25.
- Woodroffe, J.F., Page, O., Blower, D. & Green, P.E. (2008). Commercial medium tire debris study. Final Report, UMTRI-2008-34.
- Zhou, S. W., Zhang, S. Q., & Zhao, G. Y. (2011). Jackknife control on tractor semi-trailer during emergency braking. In Advanced Materials Research (Vol. 299, pp. 1303-1306). Trans Tech Publications Ltd.

4 Transport av farlig gods

Dette er kapittel 4.28 i Trafikksikkerhetshåndboken (www.tshandbok.no). Forfatter: Tor-Olav Nævestad.

4.1 Problem og formål

Transport av farlig gods øker over hele verden, spesielt i industriland (Ghaleh et al., 2019). På verdensbasis er det anslått at om lag 25 prosent av det godset som transporteres er farlig (Batarliene et al., 2018). Majoriteten av farlig gods fraktes på veg og bane (Batarliene et al., 2018), og vegtransport har den største andelen (Oggero et al., 2006).

I en studie av transportulykker med farlig gods på veg og bane i Norge i 1995-2005, finner Rødseth et al. (2008) at omtrent 90% av disse ulykkene skjedde på veg og 7% med jernbane. 67 % av ulykkene var knyttet til transport, og 33% var knyttet til håndtering av farlig gods. De fleste (71%) av ulykkene skjedde med gods i tank, 29% med stykkgoods. Blant de 65 personskadeulykkene som skjedde mellom 1995 og 2005, har forhold ved godset vært av betydning for årsaken av ulykken i 23% av tilfellene (Rødseth et al., 2008).

I motsetning til generelle trafikkulykker, kan ulykker med farlig gods føre til mer alvorlige konsekvenser på grunn av de farlige stoffenes iboende fysiske og kjemiske ustabilitet under vegtransportprosessen. De katastrofale ulykkene som involverer transport av farlig gods betegnes gjerne som hendelser med lav sannsynlighet og høy konsekvens (Zhou et al., 2020).

Farlig gods er en samlebetegnelse på stoffer som på grunn av sine egenskaper representerer en særlig risiko for skade på liv, helse, miljø og materielle verdier. Farlig gods er formelt definert som de stoffer som regnes som farlig gods i henhold til ADR-konvensjonen, eller som har tilsvarende egenskaper og farlighetsgrad. ADR står for «Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route» («Den europeiske avtale om internasjonal vegtransport av farlig gods»).

ADR inndeler farlige stoffer og gjenstander i fareklasser på grunnlag av deres egenskaper. Fareklassene i ADR er som følger (Lovdata 2009):

Klasse 1	Eksplorative stoffer og gjenstander
Klasse 2	Gasser, komprimerte, flytende eller oppløst under trykk
Klasse 3	Brannfarlige væsker
Klasse 4.1	Brannfarlige faste stoffer
Klasse 4.2	Selvantennende stoffer
Klasse 4.3	Stoffer som utvikler brannfarlige gasser ved kontakt med vann
Klasse 5.1	Oksyderende stoffer
Klasse 5.2	Organiske peroksider
Klasse 6.1	Giftige stoffer
Klasse 6.2	Infeksjonsfremmende stoffer
Klasse 7	Radioaktivt materiale
Klasse 8	Etsende stoffer
Klasse 9	Forskjellige farlige stoffer og gjenstander

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) registrerer ulykker under transport med farlig gods på veg i Norge. I perioden 2010 til 2020 er det hvert år rapportert mellom 16 og 73 (gjennomsnittlig 54) ulykker ved transport av farlig gods.

Ulykkene fordeler seg på ulike skademekanismer som følger:

- Spill eller lekkasje: 54%
- Utforkjøring: 12%

- Kollisjoner: 10%
- Brann: 4%.

I internasjonal forskning er de høyest forekommende utfallene lekkasjer/utslipp, etterfulgt av branner, eksplosjoner og gasskyer. Oggero et al. (2006) finner for eksempel at 78% av hendelsene involverte utslipp, 28% branner, 14% eksplosjoner og 6% gasskyer. Liu et al. (2020) finner tilsvarende at 79% av hendelsene involverte utslipp, 14% branner, 4% eksplosjon, mens 3% av hendelsene involverte forgiftning og andre konsekvenser.

Ulykker under transport av farlig gods inkluderer hendelser som ikke nødvendigvis er relatert til trafikkulykker (for eksempel spill/lekkasje, brann), selv om slike hendelser gjerne kan være en konsekvens av trafikkulykker. Konsekvensene av trafikkulykker under transport av brannfarlig vare på veg i Norge er som regel nokså beskjedne.

Sannsynligheten for at det kun oppstår materiell skade ved en trafikkulykke under transport av farlig gods er ca. 85%. I ca. to av tre materiellskadeulykker forekommer lekkasje av brannfarlig vare, mens dette bare forekommer i ca. én av tre personskadeulykker. Forklaringen på disse forskjellene er trolig at ulykkene har ulik fordeling mellom ulykkestyper. De fleste materiellskadeulykker er utforkjøring med velt. De fleste personskadeulykker er kollisjoner. Brann forekommer svært sjelden, i til sammen knappe 3% av ulykkene. De potensielle konsekvensene av ulykker under transport av farlig gods er likevel meget store.

Amerikanske data viser imidlertid at 99% av dødsfall og skader i ulykker der kjøretøy som frakter farlig gods er innblandet, skyldes selve kollisjonen og ikke at det er farlig gods som blir transportert. Bare 13-15% av ulykkene der farlig gods er involvert fører til utslipp (Harwood, Russell & Viner, 1989).

Formålet med de tiltak for transport av farlig gods som omtales i kapitlet, er blant annet å (jf. Lovdata, 2009):

- Lede transportene til transportmidler og transportruter hvor sannsynligheten for ulykker og forventet skadeomfang ved en ulykke er lavest mulig
- Sikre at godset er forsvarlig lastet, pakket og merket
- Sikre at godset behandles slik at tilleggsrisikoen ved at godset er farlig, blir minst mulig
- Sette dem som transporterer farlig gods i stand til å begrense skadeomfanget ved ulykker ved å gi dem kunnskap om godsets egenskaper og tiltak for å redusere skader for godset
- Organisere rask hjelpe- og redningsinnsats ved ulykker.

4.2 Beskrivelse av tiltaket

Vegtransport av farlig gods er i Norge regulert ved Forskrift om landtransport av farlig gods (Lovdata 2009). Forskriftens hovedregel er at vegtransport av farlig gods skal skje i samsvar med bestemmelsene i ADR-avtalen. ADR-avtalen er en internasjonal avtale om vegtransport av farlig gods (se nedenfor under Formelle krav og saksgang). Opplæring av yrkesførere i transport av farlig gods er beskrevet i kapittel 6.7. Ulike kjøretøytekniske tiltak er beskrevet i kapittel 4.28.

4.3 Virkning på ulykkene

Det foreligger få undersøkelser som sier noe om virkningene av tiltak for sikring av transport av farlig gods. I det følgende beskriver vi faktorer som påvirker ulykkes- og skaderisikoen ved transport av farlig gods:

- Type gods som transporteres (farlig vs. annet gods)
- Valg av transportmiddel (veg vs. bane/sjø)
- Sikkerhetsledelse og sikkerhetskultur.

For å beskrive hvordan de forannevnte tiltak virker på ulykkene, må det skilles mellom vanlige trafikkulykker, hendelser som involverer det farlige godset, men som ikke er trafikkulykker (for eksempel: lekkasje/spill), og katastrofelignende hendelser med stort skadeomfang. Erfaringer med tiltak for å redusere sannsynligheten for katastrofer og deres konsekvenser, er få, fordi det er sjeldne hendelser.

Ulykkesrisiko under transport av farlig gods sammenlignet med annet gods på veg

Beregninger av risikoen for personskadeulykker under transport av brannfarlig vare sammenlignet med annen godstransport foreligger for Norge for periodene 1980-1985 (Elvik, 1988) og 1990-1994 (Borger, 1996), og for Sverige for perioden 1988-1990 (Nilsson 1994).

Risikoen for personskadeulykker under transport av brannfarlig vare på veg i Norge var både i perioden 1980-85 og i perioden 1990-94 ca. 75% lavere enn risikoen for personskade under transport av annet gods. En tilsvarende forskjell er ikke funnet i Sverige.

Det finnes også sammenlikninger fra USA i 1996 som fokuserer på risiko for trafikkulykker med ulike typer farlig gods (tabell 4.28.1). Dette gjelder ulykker med uspesifisert skadegrad (med/uten personskader).

Tabell 4.28.1: Ulykkesrisiko (ulykker per mill. kjøretøykilometer) under transport av farlig gods sammenlignet med annen godstransport på veg i USA i 1996 (Batelle, 2001).

Typer farlig gods	Farlig gods	Annet gods	Farlig vs. annet gods
Ikke brennbare gasser	0,08	0,46	-82%
Giftige gasser	0,15	0,46	-67%
Brennbare gasser	0,21	0,46	-53%
Brennbar væske	0,31	0,46	-32%
Diverse farlig gods	0,45	0,46	-1,5%
Farlig gods generelt	0,20	0,46	-56%

Tabell 4.28.1 viser at farlig gods generelt har 56% lavere risiko enn annen godstransport. Vi ser også at risikoene for de ulike typene farlig gods varierer mellom 82% lavere og 1,5% lavere risiko.

Det stilles strengere sikkerhetskrav til transport av brannfarlig vare enn til transport av annet gods. I den grad disse kravene etterlevs, er det nærliggende å anta at forskjellen i risikonivå mellom brannfarlig vare og annet gods, i det minste delvis, skyldes sikkerhetskravene. Det er imidlertid ikke mulig å si mer konkret hvilke sikkerhetskrav det er som forklarer forskjellen i risikonivå. Forklaringen på det relativt høye risikonivået for tankbil for brannfarlig vare i Sverige er heller ikke kjent.

Valg av transportmiddel ved transport av farlig gods

Det foreligger en del undersøkelser der ulike transportmidlers forventede ulykestall ved transport av en gitt type farlig gods på en gitt transportrelasjon er sammenlignet (Jenssen 1977; Elvik 1985; Purdy 1993; Freden 1994). I tabell 4.28.2 er resultatene av disse undersøkelsene sammenfattet.

Tabell 4.28.2: Relative forventede ulykkestall ved transport av ulike typer farlig gods på veg, skip og tog (veg = 1,00).

Transportrelasjon	Type farlig gods	Veg	Skip	Tog	Veg+tog	Skip+tog
Herøya-Hurum	Klor	1,00	0,37		0,64	
Rjukan-Herøya	Ammoniakk	1,00			1,09	0,46
Uspesifisert	Klor	1,00		5,56		
15 km tenkt veg	Bensin	1,00		0,23		
15 km tenkt veg	Ammoniakk	1,00		0,01		

Analysene viser sprikende resultater og er vanskelige å generalisere. Dette kan, i det minste delvis, skyldes små ulykkestall og tilsvarende stor usikkerhet. De fleste resultatene tyder på at transport på veg medfører høyere risiko enn andre transportformer. Det synes likevel klart at det kan være store forskjeller i risiko mellom ulike transportløsninger for farlig gods. Dersom en bestemt type farlig gods regelmessig fraktes i store mengder på en bestemt distanse der det er mulig å velge mellom ulike transportløsninger, bør man derfor vurdere den risiko hver av de ulike transportløsningene medfører. Det er ikke alltid mulig å velge den løsningen som gir lavest risiko, da dette kan ha andre ulemper man ønsker å unngå. Kunnskap om risikonivået ved ulike transportløsninger vil likevel være relevant ved vurdering av alternativene.

Sikkerhetsledelse og sikkerhetskultur

Studier som undersøker sikkerhetsledelse og sikkerhetskultur i godstransportbedrifter, finner gjerne at bedriftene som frakter farlig gods på veg har mer velutviklede systemer for sikkerhetsledelse, bedre sikkerhetskultur og lavere risiko for ulykker. Systemene for sikkerhetsledelse kan ofte knyttes til krav som stilles fra oppdragsgivere. Nævestad (2017) sammenliknet sikkerhetsstyringen i én bedrift (Bedrift A) som frakter farlig gods på veg, med to bedrifter som ikke frakter farlig gods (Bedrift B og C). Resultatene viser at Bedrift A, som frakter farlig gods, har 70% lavere ulykkesrisiko enn de to andre bedriftene, et mer omfattende system for sikkerhetsledelse og bedre sikkerhetskultur. Dette indikerer en sammenheng mellom sikkerhetsledelse, sikkerhetskultur og faktisk sikkerhet. Bedriften som frakter farlig gods er særlig bedre enn de to andre når det kommer til:

- Systemer for rapportering og rapporteringskultur
- Arenaer for kommunikasjon om sikkerhet
- System for sikkerhetsledelse, med risikoanalyser, prosedyrer opplæring.

4.4 Virkning på fremkommelighet

Transport av farlig gods har ingen dokumentert virkning på framkommeligheten.

4.5 Virkning på miljøforhold

Tiltak for transport av farlig gods kan tenkes å redusere omfanget av utslipp av farlige stoffer ved ulykker. Dette kan begrense skader på miljøet. Tallfestede virkninger foreligger ikke.

4.6 Kostnader

Vi har ingen aktuelle kostnadstall for tiltak for transport av farlig gods. Offentlig statistikk over fraktinntekter per tonnkilometer tyder ikke på at disse skiller seg vesentlig for farlig gods i forhold til andre godsslag.

4.7 Nytte-kostnadsvurderinger

Det foreligger ingen studier av nytte-kostnadsverdien av dagens tiltak for transport av farlig gods. Risikoen for personskadeulykker ved transport av gods som *ikke* er klassifisert som farlig gods er omtrent fire ganger så høy som ved transport av farlig gods.

4.8 Formelt ansvar og saksgang

Initiativ til tiltaket

Regelverket knyttet til transport av farlig gods forvaltes av Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), herunder forskrift om landtransport av farlig gods. Direktoratet tar initiativ til eventuelle endringer i bestemmelsene.

Formelle krav og saksgang

Den mellomstatlige ADR-avtalen gir bindende regler for hvordan veitransport av farlig gods skal foregå for de statene som har undertegnet den. ADR er basert på FNs anbefalinger for transport av farlig gods når det gjelder anvendelsen av fareklasser og klassifisering, merking av gods og emballasjestandarder. Bestemmelsene i ADR er en integrert del av forskrift om landtransport av farlig gods. ADR oppdateres hvert annet år. I henhold til ADR er det adgang til å inngå multilaterale avtaler om transport av farlig gods som avviker fra ADR-bestemmelsene.

Sjåførere som skal transportere farlig gods, må gjennomgå særskilt opplæring hos godkjent kursarrangør. Statens vegvesen har ansvar for å godkjenne og kontrollere kjøretøy som transporterer farlig gods, og utsteder ADR-godkjenningssattest etter bestemmelsene i ADR del 9.

Ansvar for gjennomføring av tiltaket

Det er DSB som fører tilsyn med at bestemmelsene i landtransportforskriften overholdes. DSB, Statens vegvesen, politi og tollvesen har tilsyns- og kontrollmyndighet av transport av farlig gods på vei.

4.9 Referanser: Transport av farlig gods

Batelle (2001). Comparative risks of hazardous materials and non-hazardous materials truck shipment and accidents/incidents. Final Report Prepared for Federal Motor Carrier Safety Administration March 2001, Batelle, 505 King Avenue, Columbus, OH 43201

Batarlienè, Nijolè. "Risk and Damage Assessment for Transportation of Dangerous Freight" Transport and Telecommunication Journal, vol.19, no.4, 2018, pp.356-363.

Borger, A. (1996). Risikoberegning for transport av farlig gods på veg 1990-94. Arbeidsdokument TST/0721/96. Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Elvik, R. (1987). Registrering av ulykker under transport av farlig gods på veg. TØI-notat 813. Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Elvik, R. (1985). Risikoanalyse av fire alternativer for transport av ammoniakk og ammoniumnitrat fra Rjukan fabrikker til Porsgrunn fabrikker. Arbeidsdokument av 14.10.1985 (prosjekt O-1182). Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Elvik, R. (1988). Tolkning og fornyet analyse av undersøkelser om den ulykkesreducerende virkning av trafikksikkerhetstiltak. Arbeidsdokument TS/0012/88. Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Fabiano, B., Curro, F., Reverberi, A.P., et al., 2005. Dangerous good transportation by road: from risk analysis to emergency planning. J. Loss Prev. Process. Ind. 18,403–413.

- Ghaleh, S. M. Omidvari, P. Nassiri, M. Momeni, S.Mohammadreza M.Lavasani, (2019) Pattern of safety risk assessment in road fleet transportation of hazardous materials (oil materials), Safety Science, Volume 116, 2019, Pages 1-12,
- Hagen, K-E. (1993). Samfunnsøkonomisk regnskapssystem for trafikkulykker og trafikksikkerhetstiltak. TØI-rapport 182. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Harwood, D. W.; Russell, E. R.; Viner, J. G. (1989). Characteristics of Accidents and Incidents in Highway Transportation of Hazardous Materials. Transportation Research Record, 1245, 23-33.
- Liu, Y Lin-sheng Fan, Xi Li, Shi-liang Shi, Yi Lu, (2020) Trends of hazardous material accidents (HMAs) during highway transportation from 2013 to 2018 in China, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Volume 66
- Lovdata (2009) Forskrift om landtransport av farlig gods,
<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2009-04-01-384>
- Jenssen, T. K. (1977). Risiko ved klortransport. TØI-rapport. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Nicolaysen, B. (1995). Samfunnsøkonomiske gevinster av bedre veiforbindelse mellom Slagentangen og E-18. TØI-notat 1002. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Nilsson, G. (1994). Vägtransporter med farligt gods - Farligt gods i vägtrafikolyckor. VTI-rapport 387:3., Väg- och transportforskningsinstitutet, Linköping.
- Nævestad, T.O. (2017) "Kapittel 16: Hva kan vi lære av bedrifter som frakter farlig gods på veg?", i Krisehåndtering, planlegging og handling, Tore Hafting (Redaktør), Fagbokforlaget
- Oggero, A., Darbra, R.M., Muñoz, M., Planas, E., Casal, J., 2006. A survey of accidents occurring during the transport of hazardous substances by road and rail. J Hazard Mater. 133 (1), 1–7.
- Purdy, G. (1993). Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail. Journal of Hazardous Materials, 33, 229-259.
- Rødseth, J., Nicolaisen, T., & Bertelsen, D. (2008). Kartlegging av transport av farlig gods med bil og jernbane. RISIT Notat.
- Zhou L, Guo C, Cui Y, Wu J, Lv Y, Du Z. Characteristics, Cause, and Severity Analysis for Hazmat Transportation Risk Management. Int J Environ Res Public Health. 2020 Apr 17;17(8):2793.

5 Tunge godsbiler: Type, vekt og størrelse

Dette er en lang versjon av kapittel 4.30 i Trafikksikkerhetshåndboken (www.tshandbok.no) med mer detaljert informasjon om ulykker og de enkelte tiltakene. Forfatter: Alena Høye.

5.1 Problem og formål

Dette kapitlet handler om hvordan vekt og størrelse på tunge kjøretøy påvirker ulykkes- og skaderisiko. Tunge kjøretøy omfatter her kun godsbiler (dvs. ikke busser).

Skadegrad, personer i tunge kjøretøy. Tabell 4.30.1 viser andelen drepte og hardt skadde (D/HS) blant personer i ulike typer tunge kjøretøy som har vært involvert i personskadeulykker i Norge i 2009-2018. I gjennomsnitt utgjør D/HS 4,3% av alle personer i tunge kjøretøy som var innblandet i personskadeulykker. Blant personer i personbiler var andelen D/HS 5,4% og blant alle som var innblandet i personskadeulykker, var det 7,4%.

Den høyeste skaderisikoen har personer i trekkbiler, især uten semitrailer. Skaderisikoen er lavest i tankbiler og i lastebiler med påhengsvogn eller tilhengerredskap. For beskrivelser av de ulike kjøretøytypene, se under Beskrivelse av tiltak.

Tabell 4.30.1: Andel D/HS av alle involverte personer i ulike typer tunge kjøretøy som har vært involvert i personskadeulykker i Norge i 2009-2018.

	Antall	Andel D/HS
Trekkbil uten semitrailer	132	12,9%
Lastebil med 2-akslet slepvogn	151	11,3%
Trekkbil med semitrailer	559	9,5%
Lastebil uten tilhenger	2 378	4,1%
Tankbil med tilhenger	59	3,4%
Lastebil med tilhengerredskap	368	1,4%
Lastebil med påhengsvogn	129	1,6%
Tankbil	729	0,3%
Alle tunge godsbiler	4 505	4,3%
Personbiler	77 402	5,4%
Alle personskadeulykker	112 833	7,4%

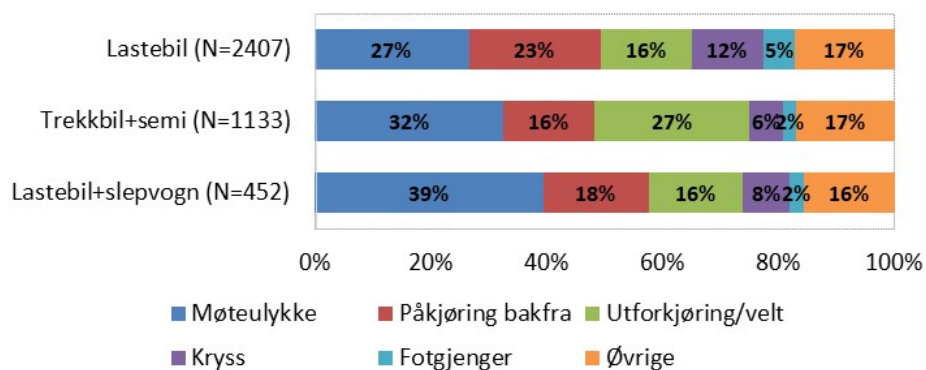
Skadegrad, alle involverte i ulykker med tunge kjøretøy. Tabell 4.30.2 viser andelen drepte eller hardt skadde (D/HS) av alle innblandede personer i personskadeulykker med og uten tunge kjøretøy involvert. Andelen D/HS vises også for de tre mest vanlige typer tunge kjøretøy.

Alle typer tunge kjøretøy sett under ett, er andelen D/HS 10,5% av alle som er innblandet i ulykkene (skadde og uskadde, både i tunge kjøretøy og blant andre innblandede). Det er 56% flere enn i ulykker uten tunge kjøretøy involvert. Andelen D/HS er høyest i ulykker med lastebil med slepvogn involvert, lavere i ulykker med trekkbil med semitrailer og lavest i ulykker med lastebil uten tilhenger.

Tabell 4.30.2: Andel D/HS i personskadeulykker med ulike typer tunge kjøretøy involvert og i ulykker uten tunge kjøretøy involvert i Norge i 2009-2018 og relativ risiko for å bli D/HS i ulykke med vs. uten tungt kjøretøy involvert.

	Antall personer per år	Andel D/HS	Relativ risiko
Lastebil m/slepvoan inv.	108,9	14,1%	2,18
Trekkbil m/semitrailer inv.	246,4	11,1%	1,65
Lastebil uten tilhenger inv.	561,8	9,2%	1,33
Tungt kjt. inv. (alle typer)	1019,9	10,5%	1,56
Ingen tunge kjt. inv.	10378,3	7,0%	

Ulykkestyper med ulike typer tunge kjøretøy. Figur 4.30.1 viser fordelingen av ulykkestyper blant de tre mest vanlige typer tunge kjøretøy. Figuren viser at trekkbil med semitrailer har en langt høyere andel utforkjøringsulykker enn både lastebiler og andre type vogntog. Andelen møteulykker er høyest blant lastebiler med slepvoan og lavest blant lastebiler uten tilhenger/slepvoan.



Figur 4.30.1: Fordelingen av ulykkestyper på ulike typer tunge kjøretøy i Norge (2009-2018) i synkende rekkefølge etter totalt antall.

Typer tunge kjøretøy: For de enkelte typer tunge kjøretøy kan man oppsummere resultatene som følgende:

Ulykker med **lastebiler** (uten tilhenger) har lavere skadegrad enn ulykker med de fleste andre typer tunge kjøretøy. Dette gjelder både dem i lastebilen og andre trafikanter som er involvert i ulykker med lastebiler. I forhold til andre typer tunge kjøretøy har lastebiler flere ulykker med påkjøring bakfra, flere kryssulykker og færre møteulykker. Fordelingen av ulykkestypene kan være en del av forklaringen for den relativt lave skadegraden da slike ulykker generelt er mindre alvorlige enn f.eks. møteulykker.

Ulykker med **trekkbiler med semitrailer** er noe mer alvorlige enn ulykker med andre typer tunge kjøretøy, både for dem i trekkbilen og for andre involverte i ulykkene. Dette kan trolig, i det minste delvis, forklares med at trekkbiler med semitrailer er overrepresentert i møteulykker og at slike ulykker kan være svært alvorlige for motparten i ulykken. Trekkbiler med semitrailer er også overrepresentert i utforkjøringsulykker, som generelt er blant de mest alvorlige ulykkene. For personer i det tunge kjøretøyet er ulykker med trekkbil uten semitrailer de mest alvorlige. Det kan forklares med at trekkbiler uten semitrailer langt lettere velter enn andre tunge kjøretøy (se under Virkninger på ulykker).

Ulykker med **lastebil med slepvoan** er enda mer alvorlige enn ulykker med lastebil uten tilhenger eller trekkbil med semitrailer, både for dem i lastebilen og andre involverte. Lastebiler med slepvoan er i enda større grad overrepresentert i møteulykker enn andre tunge kjøretøy, noe som kan forklare den høye skadegraden i ulykkene totalt sett.

Hvilke ulykkestyper de enkelte typer tunge kjøretøy er overrepresentert i, kan i stor grad forklares med hvilke trafikkmiljøer de kjører i. Lastebiler kjører langt mer i tettbygd strøk, mens vogntog i langt større grad kjører utenfor tettbygd strøk hvor møte- og utforkjøringsulykker er mer vanlige, og kryssulykker sjeldnere.

Forklaringer på forskjeller i skadegraden mellom ulike med ulike typer tunge kjøretøy diskuteres i avsnittene om virkningen på ulykker.

Tunge kjøretøyers tillatte totalvekt samt antall og type tilhengere og dermed implisitt deres lengde, har sammenheng med hvor mange og hvilke typer varer som kan fraktes. Lengre og tyngre kjøretøy kan frakte mer, tyngre og lengre varer, noe som kan redusere antall kjørte kilometer og antall tunge kjøretøy på veien.

5.2 Beskrivelse av tiltaket

Vogntog og tilhengere

Vogntog: Som vogntog betegnes lastebil med slepvogn eller påhengsvogn, som vi her for enkelhetens skyld betegner som lastebil med tilhenger, og trekkbil med semitrailer:

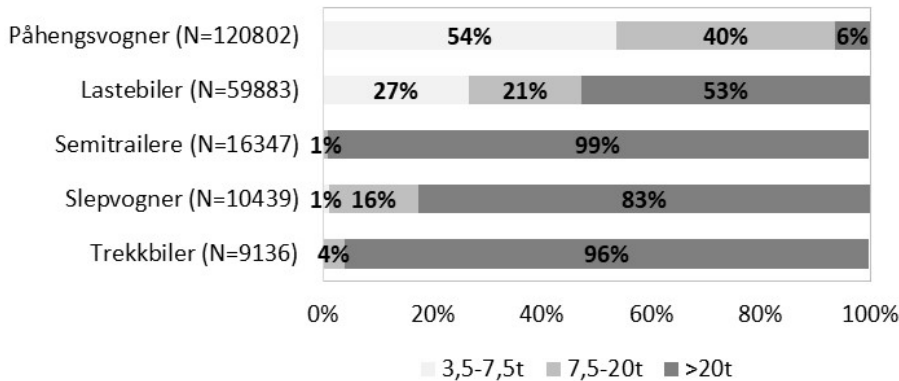
- **Påhengsvogn** kan ha én eller flere aksler, og vertikale krefter kan overføres til tilhengerkoplingen på den trekkende motorvogn.
- **Slepevognen** har to eller flere aksler, og vertikale krefter kan ikke overføres til tilhengerkoplingen på den trekkende motorvognen.
- **Trekkbil** er enheten som kan trekke en semitrailer (engelsk: bobtail).
- **Semitrailer** er en tilhenger med en eller flere aksler; en vesentlig del av semitrailerens vekt bæres som regel av en svingskive bak på trekkbilen; den kan også bæres av en boggy som trekkes av en lastebil eller en annen semitrailer.

Den maksimalt tillatte totalvekten for vogntog i Norge er 50 tonn. Den maksimale tillatte lengden er henholdsvis 19,5 meter for lastebil med tilhenger og 16,5 meter for trekkbil med semitrailer. Tømmerbiler kan på noen vegstrekninger ha en maksimal lengde på 22 meter og maks. vekt på 56 tonn. Modulvogntog kan være enda større og tyngre (se nedenfor).

EU-standard for vogntog er en maksimal lengde på 18,75 meter (16,5 meter for trekkbil med semitrailer) og en vektgrense på 40 tonn (36 tonn ved til sammen fire aksler).

Registrerte tunge kjøretøy i Norge: Figur 4.30.2 viser fordelingen av registrerte tunge kjøretøy på ulike vektclasser fra 3,5 tonn. Blant trekkbiler og semitrailere har nesten alle en tillatt totalvekt på 20 tonn eller mer. Blant lastebiler er omtrent halvparten lettere, blant slepvogner er til sammen 17% lettere, og blant påhengsvogner er de aller fleste lettere, og over halvparten er i den letteste kategorien.

Ser man på ulike typer tilhengere, så er nesten alle i kategoriene under 20 tonn påhengsvogn. Blant tilhengere over 20 tonn er halvparten semitrailere, mens henholdsvis 24% og 27% er påhengsvogn og slepvogn.



Figur 4.30.2: Registrerte tunge kjøretøy i Norge i 2017 (OFV, 2018).

Modulvogntog

Modulvogntog er vogntog som består av flere enn to enheter, og som kan være lengre og tyngre enn vanlige vogntog.

I Norge kan modulvogntog kun kjøre på spesielt godkjente vegstrekninger (Statens vegvesen publiserer regelmessig veglister med godkjente strekninger). De kan ha en vekt på opptil 60 tonn og en lengde på opptil 25,25 meter. Man skiller mellom tre typer modulvogntog

(<https://www.vegvesen.no/kjoretøy/yrkestransport/veglister-og-dispensasjoner/modulvogntog/>):

- **Type 1:** Lastebil + dolly med semitrailer
- **Type 2:** Trekkbil med semitrailer + påhengsvogn
- **Type 3:** Trekkbil med to semitrailere.

I Sverige og Finland er slike vogntog også tillatt. Også i bl.a. USA, Canada og Australia er det tillatt å kjøre med vogntog som består av tre eller flere enheter (såkalte «road trains»), og der kan disse også være både lengre og tyngre enn vanlige vogntog.

I USA og Canada skiller man mellom de følgende hovedtypene av modulvogntog (Barton, 2003):

- **Turnpike double:** Trekkbil + semitrailer + semitrailer (37-38 meter)
- **Rocky Mountain double:** Trekkbil + semitrailer + slepevogn (29-30 meter)
- **Triple trailer units:** F.eks. Trekkbil + semitrailer + slepevogn + slepevogn (31-38 meter)

Førerkortklasser

For tunge kjøretøy finnes i Norge følgende førerkortklasser som i korte trekk tillater kjøring med:

- **C1 Lett lastebil:** Lett lastebil (3,5-7,5 tonn) og tilhenger opptil 750 kg.
- **C1E Lett lastebil med tilhenger:** Lett lastebil (3,5-7,5 tonn) og tilhenger over 750 kg; maksimal totalvekt for lastebil og tilhenger er 12 tonn.
- **C Lastebil:** Lastebil over 7,5 tonn og tilhenger opptil 750 kg.
- **CE Lastebil med tilhenger:** Lastebil over 7,5 tonn og tilhenger over 750 kg.

Mer detaljerte beskrivelser av de enkelte klassene finnes på <https://www.vegvesen.no/forerkort/har-forerkort/hva-har-du-lov-a-kjore/>.

5.3 Virkning på ulykker

Korte oversikter over de fleste studiene som er oppsummert i dette kapitlet finnes i vedlegg V.3.

Vogntog vs. lastebil uten tilhenger

Det finnes en rekke forskjeller mellom vogntog og lastebiler som kan påvirke ulykkes- og skaderisikoen. Vogntog er både lengre og tyngre enn lastebiler uten tilhenger. Begge faktorene påvirker bremseegenskapene, stabiliteten og velterisikoen. Bl.a. har tyngre kjøretøy lengre bremseveg, hvis alt annet er likt, og tilhengere kan komme ut av kontroll og velte ved unnvikelsesmanøvre og i kurver (Strandberg, 1978; Rahimi & He, 2020). Den større lengden kan i tillegg gjøre forbikjøringer vanskeligere for andre trafikanter, og med den høyere vekten kan vogntog utgjøre en større fare for andre trafikanter. I tillegg kjører vogntog som regel på andre deler av vegnettet enn lastebiler. Mens vogntog i større grad kjører utenfor tettbygd strøk og på større veier, kjører lastebiler uten tilhenger i større grad i tettbygd strøk. Det kan også være forskjeller mellom førere av vogntog og lastebiler uten tilhenger.

Ulykkesrisiko med vogntog vs. lastebil uten tilhenger: Følgende studier har sammenlignet ulykkesrisikoen mellom vogntog og lastebiler uten tilhenger:

- Campbell et al., 1988 (USA)
- Clarke & Wiggers, 1998 (USA)
- Wang et al., 1999 (USA)
- USDOT, 2000 (USA)
- Williamson et al., 2004 (Australia)
- Montufar et al., 2007 (USA)
- Vierth et al., 2008 (Sverige)
- Høye, 2010 (Norge)
- Balint et al., 2014 (Sverige)
- Hassal & Thompson, 2016 (Australia)
- Meuleners et al., 2017 (Australia)

De fleste resultatene viser at vogntog i gjennomsnitt har lavere ulykkesrisiko enn lastebiler uten tilhenger når man ser på alle ulykkene under ett. Siden ingen av studiene har kontrollert for vegtype, kan det trolig i stor grad forklares med at vogntog i større grad kjører på sikrere veier som f.eks. motorveier, mens lastebiler uten tilhenger i større grad enn vogntog kjører på veier som i utgangspunktet har høyere risiko, som f.eks. veier i tettbygd strøk og mindre veier.

I kun to av studiene har vogntog høyere risiko enn lastebiler uten tilhenger. I studien til Hassal & Thompson (2016) gjelder det kun trekkbil med semitrailer, men ikke lastebil med tilhenger. I studien til Williamson et al. (2004) gjelder det alle ulykker, men forskjellen er forholdsvis liten for mindre alvorlige ulykker.

Tre studier har undersøkt risikoen for dødsulykker, og alle tre studier viser at vogntog har omtrent dobbelt så høy risiko for dødsulykker som lastebiler uten tilhenger (Campbell et al., 1988; Clarke & Wiggers, 1998; Williamson et al., 2004). Blant disse tre studiene er Campbell et al. (1988) den eneste ulykkesstudien som har kontrollert for vegtype og andre faktorer.

Oppsummering: Vogntog har i gjennomsnitt lavere ulykkesrisiko enn lastebiler når man ser på alle ulykkene under ett, trolig fordi de i større grad kjører på sikrere veier. Risikoen for dødsulykker er derimot høyere.

Skadegrad med vogntog vs. lastebil uten tilhenger: Følgende studier har sammenlignet skadegraden mellom ulykker med vogntog og lastebiler uten tilhenger:

- Wang et al., 1999 (USA)
- Curnow, 2002 (USA)
- Williamson et al., 2004 (Australia)
- Zaloshnja & Miller, 2004 (USA)
- Khorashadi et al., 2005 (USA)

Carson, 2007 (USA)
 Montufar et al., 2007 (USA)
 Høye, 2010 (Norge)
 Chen & Chen, 2011 (USA)
 Lemp et al., 2011 (USA)
 Zhu & Srinivasan, 2011 (USA)
 Chang & Chien, 2013 (Taiwan)
 Budd et al., 2021 (Australia)
 Uddin & Huyn, 2017 (USA)
 Chen et al., 2020 (Kina)
 Islam et al., 2021 (USA)

De aller fleste resultatene viser at ulykker med vogntog i gjennomsnitt er **mer alvorlige** enn ulykker med lastebil uten tilhenger. De fleste av disse studiene har ikke kontrollert for andre faktorer, men også to av studiene med kontroll for andre faktorer fant i hovedsak høyere skadegrad i ulykker med vogntog (Chen et al., 2020; Zhu & Srinivasan, 2011).

Forskjellen i skadegraden er ikke alltid kvantifiserbar og spriker mye mellom studiene. I de fleste studiene som gjør det mulig å tallfeste effekten, er andelen drepte eller drepte og hardt skadde per ulykke mellom 18 og 128% høyere.

Blant studiene med kontroll for andre faktorer er det noen som viser at ulykker med vogntog er **mindre alvorlige** enn ulykker med lastebil uten tilhenger, enten generelt (Carson, 2007) eller kun under spesifikke forutsetninger:

- I flerpartsulykker (men ikke i eneulykker; Chen & Chen, 2011)
- For trekkbil med semitrailer (men ikke for lastebil med tilhenger; Islam et al., 2011)
- Sammenlignet med lastebiler uten tilhenger under 12 tonn (men ikke over 12 tonn; Budd et al., 2021)

I studien til Khorashadi et al. (2005) er det omvendt, her har vogntog høyere risiko enn lastebiler uten tilhenger. Forskjellen er relativt liten forskjell i skadegraden på landeveger (+26% D/HS i ulykker med vogntog) men en stor i ulykker i tettbygd strøk (syv ganger så mange D/HS i ulykker med vogntog).

I Norge har ulykker med vogntog i gjennomsnitt høyere skadegrad enn ulykker med lastebil uten tilhenger når man ser på alle innblandede i ulykken. For personer i vogntoget varierer det mellom ulike typer vogntog; skadegraden er høyere i trekkbil med semitrailer og lavere i lastebil med slepevogn enn i lastebil uten tilhenger.

Oppsummering: Vogntogulykker har i gjennomsnitt høyere skadegrad enn ulykker med lastebil uten tilhenger, men dette er ikke nødvendigvis tilfelle når man holder faktorer ved ulykkene, vegene og førerne konstant.

Type vogntog: Trekkbil med semitrailer vs. lastebil med tilhenger

Det er en rekke forskjeller mellom lastebiler med tilhenger og trekkbil med semitrailer som kan påvirke ulykkes- og skaderisiko. Bl.a. kan lastebiler med tilhenger være både tyngre og lengre enn trekkbiler med én semitrailer. Egenskapene ved nedbremsing og manøvrering er også forskjellige. For førere av lastebiler med tilhenger kan det være vanskelig eller umulig å legge merke til når tilhengeren er i ferd med å komme ut av kontroll eller velte, mens dette er enklere ved semitrailere (Sampson & Cebon, 2001; Winkler & Ervin, 1999). På den andre siden vil en veltende semitrailer som regel også velte trekkbilen, mens en veltende tilhenger bak en lastebil ikke nødvendigvis velter lastebilen. En spesiell ulykkestype med semitrailere er «jack-knife», dvs. at semitraileren «klapper sammen som en lommekniv» (Hennig, 1959). Slike ulykker kan skje når trekkvognens bakhjul sklir ut mot siden og når semitraileren sklir ut mot siden.

Ulykkesrisiko: Følgende studier har sammenlignet ulykkesrisikoen mellom trekkbiler med semitrailer og lastebil med tilhenger:

Campbell et al., 1988 (USA)
Hassal & Thompson, 2016 (Australia)

Trekkbil med semitrailer har **lavere risiko** enn lastebil med tilhenger i studien til Campbell et al. (1988: -13%) som har kontrollert for bl.a. vegtype. Trekkbil med semitrailer har **høyere risiko** i studien til Hassal og Thompson (2016: +161%), men denne studien har ikke kontrollert for andre faktorer.

Skadegrad: Følgende studier har sammenlignet skadegraden mellom trekkbiler med semitrailer og lastebil med tilhenger:

Zaloshnja & Miller, 2004 (USA)
Chang & Chien, 2013 (Taiwan)
Islam et al., 2021 (USA)

Resultatene spriker mellom studiene.

Trekkbil med semitrailer har **lavere skadegrad** enn lastebil med tilhenger i studien til Islam et al. (2021). Dette gjelder kun eneulykker, hvorav de fleste skjer i kurver. Det er kontrollert for en rekke egenskaper ved veg, trafikk og fører.

Trekkbil med semitrailer har **høyere skadegrad** enn lastebil med tilhenger i studien til Zaloshnja og Miller (2004). Her hadde ulykker hvor en trekkbil med semitrailer er innblandet, 13% flere D/HS (+5; +22) enn ulykker med lastebil med tilhenger. Det gjelder alle involverte i ulykkene (i det tunge kjøretøyet og øvrige innblandede). Det er ikke kontrollert for andre faktorer.

Chan og Chien (2013) fant **ingen forskjell** i skadegraden. Det gjelder kun personer i det tunge kjøretøyet, og det er ikke kontrollert for andre faktorer.

I Norge har ulykker med trekkbil med semitrailer lavere skadegrad enn ulykker med lastebil med tilhenger når man ser på alle innblandede i slike ulykker. For personer i det tunge kjøretøyet er derimot skadegraden høyere i trekkbil med semitrailer enn i lastebil med tilhenger (jf. avsnitt Problem og Formål). Begge resultatene er motsatt av hva man ville forvente basert på studiene til Islam et al. (2021) og Zaloshnja og Miller (2004).

Oppsummering: Det er ikke mulig å trekke noen konklusjoner om eventuelle generelle forskjeller i ulykkesrisiko eller skadegrad mellom trekkbil med semitrailer og lastebil med tilhenger. I studier med kontroll for andre faktorer er ulykkesrisiko og skadegrad lavere for trekkbil med semitrailer enn for lastebil med tilhenger, men det er kun funnet to slike studier. I studier uten kontroll for andre faktorer er det omvendt.

Trekkbil uten vs. med semitrailer

Trekkbiler er i hovedsak konstruert for å kjøre med semitrailer. Uten semitrailer har de et høyt tyngdepunkt i forhold til lengde og bredde og svært ugunstige kjøreegenskaper slik at de f.eks. lett kan velte.

Følgende studier har sammenlignet ulykkesrisikoen mellom ulykker med trekkbil uten vs. med semitrailer:

Blower et al., 1993 (USA)
Campbell et al., 1988 (USA)

Begge studiene viser at trekkbiler som kjører uten semitrailer har langt høyere risiko. I studien til Campbell et al. (1988) er risikoen over dobbelt så høy (+126%).

Følgende studier har sammenlignet skadegraden mellom ulykker med trekkbiler som kjører alene vs. trekkbiler med semitrailer:

Carson, 2007 (USA)
 Khorashadi et al., 2005 (USA)
 Zaloshnja & Miller, 2004 (USA)

Carson (2007) og Khorashadi et al. (2005) viser at trekkbiler alene har høyere skadegrad når man kontrollerer for en rekke andre faktorer. I studien til Khorashadi et al. (2005) er økningen på 952% i byer og på 67% på landeveger.

Zaloshnja og Miller (2004) fant ingen signifikant forskjell i andelen D/HS mellom ulykker med trekkbil alene og trekkbil med semitrailer (-6% [-14; +2]). Dette gjelder imidlertid alle innblandede i ulykkene, og resultatet kan derfor ikke sammenlignes med resultatene fra de to andre studiene. Den manglende forskjellen kan være en følge av at skadegraden uten semitrailer er høyere enn med semitrailer blant dem i trekkbilen på grunn av den høye velterisikoen, men lavere blant andre innblandede på grunn av den lavere vekten.

I Norge er skadegraden i ulykker med trekkbiler i gjennomsnitt betydelig høyere for dem som sitter i trekkbilen når trekkbilen ikke trekker en semitrailer, enn når den trekker en semitrailer. Andelen D/HS i trekkbiler er 64% høyere (-7; +189) uten enn med semitrailer. Forskjellen er ikke statistisk signifikant pga. relativt få D/HS i trekkbil uten semitrailer (N=17).

Oppsummering: Trekkbiler uten semitrailer har langt høyere ulykkesrisiko og skadegrad enn trekkbiler med semitrailer.

Modulvogntog: Ulykkes- og skaderisiko med modul- vs. andre vogntog

Det finnes flere faktorer som kan bidra til at modulvogntog har høyere ulykkesrisiko enn andre vogntog. Modulvogntog er bl.a. lengre og tyngre (se avsnitt om vogntog), og nedbremsing, akselerering, kurvekjøring og avsvingning er mer krevende (Sandin, 2016). Modulvogntog kjøres imidlertid ofte av mer erfarne og kompetente førere enn andre vogntog. I tillegg kjøres de i mindre grad i krevende situasjoner og generelt på sikrere veger enn andre vogntog.

Ulykkesrisiko med modul- vs. andre vogntog – uten kontroll for vegtype: Følgende studier har sammenlignet ulykkesrisikoen mellom modul- og andre typer vogntog uten å kontrollere for vegtype eller å skille resultatene mellom ulike vegtyper:

Montufar et al., 2007 (USA)
 Driscoll, 2013 (Australia)
 Balint et al., 2014 (Sverige)
 Hassall, 2018 (Australia)

Resultatene viser at modulvogntog i gjennomsnitt har enten omtrent samme antall ulykker per kjørt kilometer som andre vogntog (Montufar et al., 2007), eller færre (Balint et al., 2014: -21%; Hassall: -66%).

Driscoll (2013) viser at modulvogntog har 61% færre ulykker per tonnkilometer transportert gods enn andre lastebiler eller vogntog.

Siden ingen av studiene har kontrollert for vegtype, kan en del av risikoforskjellene trolig forklares med at modulvogntog i hovedsak kjører på sikrere veger enn andre vogntog. Dette og andre faktorer som kan bidra til risikoforskjeller, er diskutert nedenfor.

Oppsummering: Modulvogntog har i gjennomsnitt lavere ulykkesrisiko enn andre vogntog når man ikke kontrollerer for andre faktorer.

Ulykkesrisiko med modul- vs. andre vogntog – med kontroll for vegtype: Disse studiene har sammenlignet ulykkesrisikoen mellom modul- og andre vogntog enten med statistisk kontroll for type veg eller separat for ulike typer veg:

Campbell et al., 1988 (USA)
Blower et al., 1993 (USA)
Braver et al., 1997 (USA)
Clarke og Wiggers, 1998 (USA)
Jovanis et al., 1998 (USA)
USDOT, 2000 (USA; samme data som Clarke & Wiggers, 1998)
Abdel-Rahim et al., 2006 (USA)
Grislis et al., 2010 (USA)
Sowards et al., 2013 (USA)

Når man ser på alle typer veger under ett, viser de fleste resultatene at modulvogntog har ca. 10-15% høyere ulykkesrisiko (4 studier), men risikoforskjellene er enten ikke statistisk signifikante (2 studier), eller det er ikke mulig å beregne signifikans (2 studier). I én av studiene har modulvogntog signifikant lavere ulykkesrisiko enn andre vogntog (-18%; Jovanis et al., 1998).

USDOT (2000) og Clarke og Wiggers (1998; begge studiene baseres på samme data) viser at dersom modulvogntog hadde samme kjøremønster som andre vogntog, hadde det totale antall dødsulykker med modulvogntog vært 11% høyere enn med andre vogntog. Dette resultatet er i praksis lite relevant da modulvogntog kun er ment for å kjøres på utvalgte deler av vegnettet (på de største og sikreste vegene).

For **motorveger** foreligger syv resultater fra fem studier. Tre av resultatene viser at modulvogntog har høyere risiko (+14%, +22% og +89%). De øvrige fire resultatene viser at modulvogntog har lavere risiko (-7%, -8%, -17% og -31%).

Én av studiene som fant lavere risiko, er studien til Braver et al. (1997), som i tillegg har oppgitt resultater for spesifikke skadegrader og ulykkestyper. Disse viser at risikoforskjellen mellom modul og andre vogntog er større for mer alvorlige ulykker og større for flerpartsulykker (-26%) enn for eneulykker, hvor ingen signifikant forskjell ble funnet mellom modul- og andre vogntog.

To av studiene som har oppgitt resultater for motorveg, skiller mellom motorveger i spredt- og tettbygd strøk (USDOT, 2000; Grislis et al., 2010). Begge viser at risikoen med modulvogntog (vs. andre vogntog) på motorveger er:

- Høyere i spredtbygd strøk (henholdsvis +14% og +22%)
- Lavere i tettbygd strøk (henholdsvis -7% og -31%).

De fleste resultatene viser at risikoen med modulvogntog er enten lavere eller ikke mer enn 26% høyere enn med andre vogntog. Økt risiko ble i hovedsak funnet for mindre alvorlige ulykker (jf. nedenfor, avsnitt om skadegrad) og på motorveger i spredtbygd strøk.

For **andre hovedveger** foreligger to resultater. Det ene viser at modulvogntog har høyere ulykkesrisiko (+104%), det andre at de har omtrent samme risiko (+4%) som andre vogntog.

På **landeveger** foreligger fire resultater hvorav tre viser at modulvogntog har høyere risiko (mellom +32 og +48%) mens det fjerde viser at de har 34% lavere risiko.

På **lokalveger** og i tettbygd strøk viser tre studier at modulvogntog har enten lavere ulykkesrisiko (-25-36%) eller omtrent samme risiko som andre vogntog.

På **terminaler, rasteplasser og lignende** har modulvogntog lavere ulykkesrisiko (-66%) enn andre vogntog (Jovanis et al., 1998).

At modulvogntog har lavere risiko enn andre vogntog på lokalveger, terminaler og rasteplasser kan virke overraskende, men det er flere mulige forklaringer. Bl.a. kan mer kompetente førere og lavere fart bidra til å redusere risikoen (se nedenfor under Faktorer som påvirker ulykkes- og skaderisikoen med modulvogntog). Man kan også tenke seg at vanlige vogntog langt oftere rygger enn modulvogntog, især dem med to tilhengere.

Oppsummering: Resultatene spriker. På motorveger har modulvogntog trolig lavere eller opptil ca. 25% høyere risiko enn andre vogntog. På andre hovedveger og landeveger kan risikoen være høyere. På lokalveger, terminaler og rasteplasser tyder de fleste resultatene på at modulvogntog har lavere risiko.

Modulvogntog med tre vs. to tilhengere: Tre studier har sammenlignet ulykkesrisikoen mellom modulvogntog med tre vs. to tilhengere:

Abdel-Rahim et al., 2006 (USA)
 Montufar et al., 2007 (USA)
 Sowards et al., 2013 (USA)

Når man ser på alle vegene under ett, viser både Montufar et al. (2007) og Sowards et al. (2013) at modulvogntog med tre tilhengere har flere ulykker enn modulvogntog med to tilhengere (Montufar: +44% uten kontroll for andre faktorer og basert på svært få ulykker med tre hengere; Sowards: ikke spesifisert).

Også på andre veger enn motorveger ble det funnet høyere risiko for modulvogntog med tre tilhengere (Abdel-Rahim et al., 2006: +78%).

På motorveger derimot fant Abdel-Rahim et al. (2006) at modulvogntog med tre tilhengere har 22% lavere ulykkesrisiko enn modulvogntog med to tilhengere.

Oppsummering: De fleste resultatene tyder på at modulvogntog med tre tilhengere har flere ulykker enn modulvogntog med to tilhengere, men på motorveger ble det i én av studiene funnet færre ulykker.

Skadegrad med modul- vs. andre vogntog: Følgende studier har sammenlignet skadegraden i ulykker med modul- vs. andre vogntog:

Braver et al., 1997 (USA)
 Khattak et al., 2003 (USA)
 Zaloshnja & Miller, 2004 (USA)
 Montufar et al., 2007 (USA)
 Lemp et al., 2011 (USA)

Alle studiene fra etter 2000 viser at ulykker med modulvogntog i gjennomsnitt har høyere skadegrad enn ulykker med andre vogntog. Dette gjelder både med (to studier) og uten (to studier) kontroll for andre faktorer. Med kontroll for andre faktorer er effekten ikke signifikant i studien til Khattak et al. (2003). I studien til Lemp et al. (2011) øker risikoen for å bli drept med 5,8% for hver tilhenger som kommer i tillegg til den første.

I studiene uten kontroll for andre faktorer øker risikoen for å bli drept med 47% (Montufar et al., 2007), og risikoen for å bli drept eller hardt skadd øker med 25% (Zaloshnja & Miller, 2004).

Braver et al. (1997) viser (med kontroll for andre faktorer) at ulykker med modulvogntog har lavere skadegrad enn andre vogntog; antall D/HS er 24% lavere i ulykker med modulvogntog enn i ulykker med andre vogntog.

Oppsummering: De fleste resultater tyder på at ulykker med modulvogntog i gjennomsnitt har høyere skadegrad enn ulykker med andre vogntog, men forskjellen er trolig forholdsvis liten (+6% drepte), og i én studie (av fem) har ulykker med modulvogntog lavere skadegrad.

Faktorer som påvirker ulykkes- og skaderisikoen med modulvogntog: Risikoen med modulvogntog kan påvirkes av en rekke faktorer som delvis trolig kan forklare noen av de sprikende resultatene i de empiriske studiene som har sammenlignet ulykkesrisikoen mellom ulike typer vogntog.

- **Vegtype:** Modulvogntog kjøres i hovedsak på forholdsvis sikre veger som motorveger og andre hovedveger med få eller ingen kryss, og de kjører praktisk talt ikke i tettbygd strøk (Braver et al., 1997; Eidhammer et al., 2009; ITF, 2019; Wåhlberg et al., 2008). Dette kan forklare at studier uten kontroll for vegtype som regel viser at modulvogntog har lavere risiko enn andre vogntog som i større grad også kjører på mindre veger og i tettbygd strøk. Likevel ble det på ulike typer veger som ikke er motorveger, i flere studier funnet lavere risiko for modulvogntog enn for andre vogntog.
- **Vekt:** Modulvogntog har høyere tillatt totalvekt enn andre vogntog. Dette kan forklare den høyere skadegraden som ble funnet i flere studier. Sammenhengen mellom vekt og ulykkesrisiko og skadegraden i ulykker er nærmere beskrevet nedenfor.
- **Lengde:** Modulvogntog er lengre enn andre vogntog. Dette kan bl.a. gjøre det vanskeligere for andre kjøretøy å kjøre forbi og øke risikable forbikjøringer. Lengden i seg selv har imidlertid i studien til Lemp et al. (2011) ikke vist seg å ha noen effekt på skadegraden i ulykker med vogntog når man kontrollerer for bl.a. vekt og antall tilhengere.
- **Førere:** Siden modulvogntog er dyrere og vanskeligere å håndtere, bruker bedrifter ofte de beste og mest erfarne førerne til å kjøre slik vogntog, og mange får i tillegg spesifikk opplæring (ITF, 2019). Overvåkingen av kjøre- og hviletider er også ofte strengere for førere av modulvogntog (ITF, 2019). I studien til Braver et al. (1997) ble modulvogntog kjørt av eldre førere i større bedrifter, og førerne hadde færre trafikkforseelser. Alle tre faktorene er kjent for å ha sammenheng med lavere ulykkesrisiko.
- **Sikkerhetsutstyr:** Modulvogntog har ofte mer avansert sikkerhetsutstyr enn andre vogntog (ITF, 2019). Dette kan bidra til lavere risiko.
- **Stabilitet:** Ved kjøring i kurver, under kjørefeltskifte og lignende kan sidevegsbevegelser forsterke seg fra lastebilen bakover til hengerne («rearward amplification»), noe som kan føre til velt ved høy fart og/eller for sterke rattbevegelser (Barton, 2003; Esmaili, 2020). Også ved nedbremsing kan især lengre vogntog miste stabiliteten som følge av blokkerende hjul (Barton, 2003). En finsk studie viste imidlertid med hjelp av simuleringer at lengre vogntog ikke har dårligere stabilitet enn vogntog under den europeiske maksimal lengden (Räsänen et al., 2004).
- **Veg- og føreforhold:** I forhold til andre vogntog er modulvogntog overinvolvert i ulykker på vinterføre (Braver et al., 1997; Forckenbrock & Hanley, 2003). Også i mørket er modulvogntog overrepresentert i ulykker (Forckenbrock & Hanley, 2003).

Modulvogntog: Teoretiske effekter av å tillate modulvogntog

Å tillate modulvogntog kan påvirke antall ulykker ved at den gjennomsnittlige ulykkes- og skaderisikoen per vogntog endrer seg, og ved at antall kjøretøykilometer med vogntog går ned. Hvorvidt modulvogntog har høyere eller lavere ulykkesrisiko enn andre vogntog, spriker mellom studiene (se avsnitt over), men når antall kjøretøykilometer går ned, kan det totale antall ulykker med vogntog gå ned, selv om ulykkesrisikoen skulle være (noe) høyere.

Eidhammer et al. (2009) og ITF (2019) har oppsummert studier fra ulike land som har estimert potensielle effekter av å tillate modulvogntog (Sverige, Australia, Canada, Sør-Afrika, Nederland, Tyskland, Danmark). Studiene viser at antall ulykker og ulykkeskostnadene samlet sett trolig kan reduseres ved bruk av modulvogntog da dette reduserer det totale antall kjørte kilometer (Eidhammer et al., 2009). Dette gjelder især når modulvogntog kun tillates på de sikreste vegene, dvs. i hovedsak på motorveger.

I Sverige, hvor modulvogntog er tillatt, er det estimert at ulykkeskostnadene med vogntog ville øke med mellom 22 og 37% hvis ikke modulvogntog hadde vært tillatt i Sverige. Dette fordi vanlige vogntog må kjøre flere kilometer enn modulvogntog for å transportere samme mengde gods (Vierth et al., 2008).

Wåhlberg et al. (2008) har estimert at en økning av den maksimalt tillatte vekten for modulvogntog fra 60 til 80 tonn i Sverige kan redusere antall ulykker med vogntog med 10-35% og antall dødsulykker med vogntog med 5-10%. Det er da forutsatt at antall vogntogkilometer reduseres med 25%.

Oppsummering: Modulvogntog kan trolig redusere det totale antall ulykker og ulykkeskostnadene da det kreves færre vogntogkilometer for å frakte samme mengde gods som med andre vogntog.

Vekt

Vekt og ulykkesrisiko: Sammenhengen mellom totalvekt på tunge kjøretøy og ulykkesrisiko er undersøkt av:

Blower et al., 2010 (USA)
Castillo-Manzano et al., 2016 (Spania)
Conrad, 2021 (USA)

Studiene kan ikke direkte sammenlignes da alle har forskjellige definisjoner av vekt.

Blower et al. (2010) viser at lastebiler som er lastet med over 50% av maksimalt tillatt last, har høyere ulykkesrisiko enn lastebiler med lettere last. Studien viser også at feil på bremses medfører en langt større risikoøkning når lastebiler er lastet med over halvparten av tillatt last enn når de er lastet med under halvparten.

Castillo-Manzano et al. (2016) viser at den gjennomsnittlige ulykkesrisikoen er lavere for lastebiler med høyere tillatt totalvekt (over/under 5 og 15 tonn). Her er det kontrollert for en rekke andre faktorer, men ikke hvilke veier lastebilene kjører på. Forskjeller i hvilke veier det kjøres på kan derfor ha bidratt til den lavere risikoen (jf. vogntog vs. lastebil uten tilhenger og modulvogntog vs. andre typer vogntog).

Conrad (2021) har undersøkt effekten av å øke den maksimalt tillatte vekten på tømmerbiler fra ca. 38 til 41 tonn. Antall ulykker per million tonn transportert tømmer økte over tid, men resultatene tyder ikke på at økningen av den maksimalt tillatte vekten har bidratt til økningen.

Oppsummering: Høyere vekt innenfor det som er tillatt, kan øke ulykkesrisikoen. Tunge kjøretøy med høyere tillatt totalvekt (over/under 5 eller 15 tonn) har i gjennomsnitt lavere ulykkesrisiko, men dette kan skyldes andre faktorer. For tømmerbiler ble det ikke funnet noen effekt av å øke den maksimalt tillatte vekten fra 38 til 41 tonn.

Vekt og skadegrad: Tyngre lastebiler har i en kollisjon mer kinetisk energi enn lettere lastebiler og dermed større skadepotensial. I tillegg er vektforskjellen mellom lastebilen og andre kjøretøy større for tyngre lastebiler. Man antar derfor som regel at økende totalvekt på lastebiler medfører mer alvorlige ulykker, hvis alt annet er likt (Sowards, 2013; Turner et al., 2008).

Sammenhengen mellom totalvekt på tunge kjøretøy og skadegraden i ulykker er undersøkt av:

Hertz, 1988 (USA)
Vierth et al., 2008 (Sverige)
Lemp et al., 2011 (USA)
Zhu & Srinivasan, 2011 (USA)
Castillo-Manzano et al., 2016 (Spania)
Zheng et al., 2018 (USA)

De fleste studiene har kontrollert for en rekke andre faktorer, og viser at høyere vekt medfører økende skadegrad. Dette gjelder både høyere totalvekt på hele kjøretøyet (Hertz, 1988: >33 tonn; Zheng et al., 2018: >11,8 tonn) og økende vekt på tilhengeren eller semitraileren (Zhu & Srinivasan, 2011: over/under 10 og 20 tonn).

Castillo-Manzano et al. (2016) viser at middelstunge lastebiler (5-15 tonn) har høyere skadegrad enn både lettere og tyngre lastebiler. Studien har kontrollert for en rekke andre faktorer, men resultatet kan likevel trolig forklares med ulike kjøremønstre for lastebiler i de ulike vektkategoriene.

Vierth et al. (2008) fant lavere ulykkeskostnader for lastebiler og vogntog med høyere vekt. Denne studien har imidlertid ikke kontrollert for andre faktorer, og forskjellene kan trolig forklares med at lastebilene i de tyngste kategoriene (henholdsvis over 34, 40 og 50 tonn) er modulvogntog (jf. avsnitt om modulvogntog).

I studien til Lemp et al. (2011) har lastebiler med tillatt totalvekt over 4,5 tonn også lavere skadegrad enn lettere lastebiler, men resultatet er vanskelig å tolke da det er kontrollert for type tungt kjøretøy, samt at de fleste kjøretøyene er vogntog eller modulvogntog med langt høyere vekt enn 4,5 tonn.

Oppsummering: De fleste resultatene tyder på at ulykker med tyngre lastebiler har høyere skadegrad enn ulykker med lettere lastebiler.

Overvekt

Med overvekt menes her at lastebilens faktiske vekt (med last) er høyere enn tillatt. Overvekt kan bidra til økende ulykkes- og skaderisiko fordi det medfører:

- Redusert stabilitet
- At stabilitetskontrollsystemer ikke lenger fungerer som tilsiktet da de er tilpasset den maksimale tillatte vekten
- Lengre bremsesev, økt risiko for feil på bremsene som følge av overbelastning, samt mer alvorlige konsekvenser av feil på brems
- Økt risiko for skader på dekk som følge av overoppheting (Jacob et al., 2010).

Overvekt og skadegrad: Sammenhengen mellom overvekt og skadegraden i ulykker er undersøkt av:

Xiao et al., 2018 (Kina)
Lemp et al., 2011 (USA)
Wang & Prato, 2019 (Kina)
Chen et al., 2020 (Kina)

De tre studiene fra Kina viser at skadegraden i gjennomsnitt er høyere i ulykker med overvektige lastebiler. Risikoen for å bli drept eller hardt skadd, gitt at man er involvert i en ulykke med lastebil, øker med 8% når lastebilen er overvektig, ifølge Wang og Prato (2019), og med 24% (+1; +53), ifølge Chen et al. (2020).

Resultatene fra Lemp et al. (2011) viser derimot at overvekt henger sammen med lavere risiko for å bli drept. Studien har kontrollert for en rekke andre faktorer, bl.a. vegtype og antall tilhengere. Forklaringen er ukjent.

Oppsummering: De fleste resultatene tyder på at overvekt medfører høyere ulykkesrisiko.

5.4 Virkning på framkommelighet

Modulvogntog og vogntog med flere tilhengere er lengre og vanskeligere å manøvrere enn vanlige vogntog, noe som gjør at de deler av vegnettet som skal kunne brukes av modulvogntog, må tilpasses. Store deler av vegnettet er ikke egnet for slike vogntog, enten på grunn av vekten vegene må kunne tåle, eller på grunn av plassbehovet, bl.a. i kryss.

Empiriske studier fra flere land viser at modulvogntog som regel har positive effekter på trafikkavviklingen fordi det blir færre vogntog på vegene (Eidhammer et al., 2009). En dansk studie viser at det totale antall kjørte kilometer med vogntog teoretisk kan reduseres med mellom 24 og 32% (Trafikministeriet, 2004). En studie fra Nederland har estimert at køer kan reduseres med mellom 0,7 og 1,4% når modulvogntog tillates på motorveger (Arcadis, 2006).

5.5 Virkning på miljøforhold

Jo tyngre et kjøretøy er, desto større er drivstofforbruket og dermed utslippene. Siden tunge kjøretøy med større tillatte totalvekt, især modulvogntog, reduserer det totale antallet kjørte kilometer med tunge kjøretøy, kan bruk av tyngre lastebiler likevel medføre reduksjoner av støy og utslipp (Vierth et al., 2008; Lindqvist et al., 2020).

5.6 Kostnader

Det foreligger ikke tall som viser de direkte kostnader forbundet med endringer i reglene for vekt og lengde på tunge kjøretøy. Endringer vil trolig i hovedsak påvirke transportkostnader for næringslivet, samt ev. kostnader for investeringer i og drift av vegnettet. Tyngre kjøretøy forårsaker større slitasje på vegene enn lettere kjøretøy. Slitasjen øker proporsjonalt med den fjerde potens av aksellasten (Taramoeroa & de Pont, 2009).

5.7 Nytte-kostnadsvurderinger

Eidhammer et al. (2009) har gjort nytte-kostnadsanalyser av å tillate modulvogntog i Norge på hele eller deler av stamvegnettet. Resultatene viser at det hadde vært lønnsomt å tillate modulvogntog på hele stamvegnettet, unntatt stamvegene i Hordaland, Sogn og Fjordane og Nordland. Nyttien er omtrent 281 mill. kr. (reduerte transportkostnader, CO2 utslipp og lokale utslipp), kostnadene er omtrent 106 mill. kr. (ulykker, investeringer, drift og vedlikehold av vegnettet). Det hadde vært mindre lønnsomt å tillate modulvogntog på hele stamvegnettet og øvrige riskveger i hele landet, unntatt Hordaland, Sogn og Fjordane og Nordland. I Hordaland, Sogn og Fjordane og Nordland hadde investeringskostnadene vært så høye at det ikke hadde vært lønnsomt å tillate modulvogntog.

Studier fra flere andre land viser at bruk av modulvogntog kan gjøre transport mer kostnadseffektiv for transportørene (Lindqvist et al., 2020; Sverige, Hassall, 2018; Australia). Kostnadseffektiviteten avhenger av en rekke faktorer som bl.a. i hvilken grad lastkapasiteten utnyttes.

5.8 Formelt ansvar og saksgang

Initiativ til tiltaket

Initiativ til reguleringer av kjøretøyers vekt og størrelse kan bli tatt av blant andre Samferdselsdepartementet, Vegdirektoratet, bilbransjen, næringslivets interesseorganisasjoner, transportbedrifter og reiselivsbransjen. Vegdirektoratet har ansvar for å vedta eventuelle endringer av kjøretøyforskriften og forskrift om bruk av kjøretøy.

Formelle krav og saksgang

Tekniske krav til tunge kjøretøy, herunder krav til vekter og dimensjoner ved godkjenning, er fastsatt i kjøretøyforskriften. Reglene om tillatte vekter og dimensjoner for kjøretøy under bruk på offentlig veg i Norge følger av [forskrift om bruk av kjøretøy](#).

Bestemmelsene om de største tillatte vektor og dimensjoner for enkeltkjøretøy og vogntog finnes i [vedlegg 1](#) til forskrift om bruk av kjøretøy. Vedlegget inneholder også en vegliste som angir største tillatte lengde og totalvekt for den enkelte vegstrekning. Denne oppdateres hvert år. Tilsvarende lister utgis for fylkes- og kommunale veger. Største tillatte lengde for enkeltkjøretøy og vogntog avhenger av om vegen er klassifisert som 12,40 m-, 15 m- eller 19,50 m-veg. Største tillatte totalvekt avhenger av hvilken bruksklasse (Bk) vegen er klassifisert som. Begge deler fremgår av veglistene. Største tillatte vogntoglengde er 19,50 meter på veger som i veglistene er oppført som 19,50 m veger. Største tillatte totalvekt er 50 tonn på veger som i veglistene er oppført som Bk 10 50 tonn.

Ansvar for gjennomføring av tiltaket

Eier av kjøretøy er ansvarlig for å rette seg etter de bestemmelser om vektor og dimensjoner og andre krav til kjøretøy som til enhver tid gjelder. Statens vegvesen utfører kontroller med om kravene overholdes under bruk. Ved overlast ilegges gebyr avhengig av overlastens størrelse ([forskrift om gebyr for overlasting](#)) etter satser i tråd med [forskrift om gebyrsatser for overlast](#). Dersom kjøretøyet ved kontroll ikke er i forsvarlig stand kan politiet eller Statens vegvesen nedlegge bruksforbud.

5.9 Referanser: Tunge godsbiler: Type, vekt og størrelse

- Abdel-Rahim, A., Berrio-Gonzales, S.G., Candia, G., & Taylor, W. (2006). Longer Combination Vehicle Safety: A Comparative Crash Rate Analysis. Final Report. National Institute for Advanced Transportation Technology (NIATT) Report Number N06-21, Idaho.
- Arcadis. (2006). Monitoringsonderzoek vervolgproef lzv - Resultaten van de vervolgproef met langere of langere en zwaardere voertuigcombinaties op de nederlandse wegen. Ministerie van Verkeer & Waterstaat, Directoraat Generaal Rijkswaterstaat, Dviesdienst Verkeer en Vervoer.
- Bálint, A., Fagerlind, H., Martinsson, J., & Holmqvist, K. (2014). Accident analysis for traffic safety aspects of High Capacity Transports. Chalmers, Final report.
- Barton R. (2003). Literature Review of the Safety of LCVs and Their Operation in Canada
- Blower, D., Campbell, K. L. & Green, P. E. (1993). Accident rates for heavy truck-tractors in Michigan. *Accident Analysis & Prevention*, 25(3), 307-321.
- Blower, D., Green, P.E., & Matteson, A. (2010). Condition of Trucks and Truck Crash Involvement: Evidence from the Large Truck Crash Causation Study. *Transportation Research Record*, 2194(1), 21-28.
- 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.
- Budd, L., Newstead, S., & Watson, L. (2021). An analysis of heavy vehicle safety performance in Australia. Report, Monash University Accident Research Centre.
- Campbell, K. L., Blower, D. F., Gattis, R. G., & Wolfe, A. C. (1988). Analysis of Accidents Rates of Heavy-duty Vehicles. University of Michigan Transportation Research Institute, Ann Arbor, MI.
- Carson, J.L. (2007). Large truck crashes in Texas. Report SWUTC/07/473700-00089-1.
- Castillo-Manzano, J. I., Castro-Nuño, M., & Fageda, X. (2016). Exploring the relationship between truck load capacity and traffic accidents in the European Union. *Transportation research part E: logistics and transportation review*, 88, 94-109.
- Chang, L.-Y., & Chien, J.-T. (2013). Analysis of Driver Injury Severity in Truck-Involved Accidents Using a Non-Parametric Classification Tree Model. *Safety Science*, 51(1).
- Chen, F. & Chen, S. (2011). Injury severities of truck drivers in single- and multi-vehicle accidents on rural highways. *Accident Analysis and Prevention*, 43, 1677-1688.
- Chen, S., Zhang, S., Xing, Y., & Lu, J. (2020). Identifying the factors contributing to the severity of truck-involved crashes in Shanghai River-Crossing Tunnel. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(9), 3155

- Clarke, R. M. & Wiggers, G. F. (1998). Heavy truck size and weight and safety, International Symposium on Heavy Vehicle Weights and Dimensions, 5th. Maroochydore, Queensland, Australia. Part 5, 1-39.
- Conrad IV, J. L. (2021). Log truck crashes before and after weight limit increases in North Carolina and Virginia, USA. *International Journal of Forest Engineering*, 32(3), 266-277.
- Curnow, G. (2002). Australian transport safety bureau heavy truck crash databases: What do the statistics tell us? [WWWDocument] Natl. Heavy Veh. Saf. Semin. <http://www.ntc.gov.au/filemedia/Publications/WhatdoStatisticstellusGitaCurnow.pdf>.
- Driscoll, O. (2013). Major accident investigation report. National truck accident research centre, National Transport Insurance, Brisbane.
- Eidhammer, O., Sørensen, M. & Andersen, J. (2009). Modulvogntog i Norge. Status for prøveordningen per 1. oktober 2009 (Longer and heavier goods vehicles in Norway. Status by October 1st 2009. TØI Rapport 1040/2009. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Esmaili, H. (2020). Prediction of Lateral Instability and Reducing Rearward Amplification of Autonomous Long Combination Vehicles. Göteborg: Department of Mechanics and Maritime Sciences, Vehicle Dynamics Group, Chalmers University of Technology.
- Forckenbrock, D. J. & Hanley, P. F. (2003). Fatal crash involvement by multiple-trailer trucks. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 37(5), 419-433.
- Grislis, A. (2010). Longer combination vehicles and road safety. *Transport*, 25(3), 336-343.
- Hassall, K., & Thompson, R. G. (2016). What are the safety benefits of Australian high productivity vehicles when compared to the conventional heavy vehicle fleet?. *Transportation Research Procedia*, 12, 874-885.
- Hassall, K. (2018). The evolution of high productivity vehicles in Australia and their benefits. *Logistics and Transport*, 38(2), 13-22.
- Hertz, R. P. (1988). Tractor-trailer driver fatality: The role of nonconsecutive rest in a sleeper berth. *Accident Analysis & Prevention*, 20(6), 431-439.
- Høye, A. (2010). Regulering av vekt og størrelse for tunge kjøretøy. Kapittel 4.30, Trafikksikkerhetshåndboken. TØI-Arbeidsdokument.
- Islam, M (2021). Multi-Vehicle Crashes Involving Large Trucks: A Random Parameter Discrete Outcome Modeling Approach. *Journal of the Transportation Research Forum*, 54(1), 77-104.
- ITF (2019). High capacity transport. *International Transport Forum (ITF)*.
- Jovanis, P. P., H-L. Chang & I. Zabaneh. (1989). Comparison of Accident Rates for Two Truck Configurations. *Transportation Research Record*, 1249, 18-29.
- Khattak, A.J., Schneider, R.J., & Targa, F. (2003). Risk factors in large truck rollovers and injury severity: Analysis of single-vehicle collisions. *Proceedings of the Transportation Research Board 82nd Annual Meeting*, Paper.
- Khorashadi, A., Niemeier, D., Shankar, V. & Mannering, F. (2005). Differences in rural and urban driver-injury severities in accidents involving large-trucks: An exploratory analysis. *Accident Analysis and Prevention* 37: 910–921.
- Lemp, J. D., Kockelman, K. M., & Unnikrishnan, A. (2011). Analysis of large truck crash severity using heteroskedastic ordered probit models. *Accident Analysis & Prevention*, 43(1), 370-380.
- Lindqvist, D., Salman, M., & Bergqvist, R. (2020). A cost benefit model for high capacity transport in a comprehensive line-haul network. *European Transport Research Review*, 12(1), 1-12.
- Meuleners, L., Fraser, M. L., Govorko, M. H., & Stevenson, M. R. (2017). Determinants of the occupational environment and heavy vehicle crashes in Western Australia: A case-control study. *Accident Analysis & Prevention*, 99, 452-458.
- Montufar, J., Regehr, J.D., Rempel, G. & McGregor, R.V. (2007). Long Combination Vehicle (LCV) Safety Performance in Alberta: 1999-2005. Final Report. Montufar & Associates Transportation Consulting Winnipeg, Manitoba; EBA Engineering Consultants Ltd. Calgary, Alberta.

- Sowards, K. N., Eastham, E., Matthews, J., & Pennington, E. (2013). An analysis of truck size and weight: phase I-safety. Taramoeroa, N. & de Pont, J. (2009). Optimization of heavy vehicle performance. NZ Transport Agency research report 387.
- Trafikministeriet. (2004). Modulvogntog. København: Trafikministeriet.
- Uddin, M. & Huynh, N. (2017). Truck-involved crashes injury severity analysis for different lighting conditions on rural and urban roadways. *Accident Analysis & Prevention*, 108, 44-55.
- USDOT (2000). Comprehensive Truck Size and Weight Study, Publication FHWA-PL-00- 029, USDOT.
- Vierth, I., Berell, H., McDaniel, J. & al., e. (2008). The effects of long and heavy trucks on the transport system. VTI-Rapport 605A. Linköping, Sweden.
- Wang, Y., & Prato, C. G. (2019). Determinants of injury severity for truck crashes on mountain expressways in China: A case-study with a partial proportional odds model. *Safety science*, 117, 100-107.
- Wang, J.S., Knipling, R.R., & Blincoe, L.J. (1999). The dimensions of motor vehicle crash risk. *Journal of Transportation and Statistics* 2 (1), 19–43.
- Williamson, A.M., Irvine, P. & R. Friswell, R. (2004). What is the involvement of heavy trucks in crashes in NSW? Australasian Road Safety Research, Policing and Education Conference Proceedings. Available at: <http://www.rsconference.com>.
- Wåhlberg, A.a (2008). Meta-analysis of the difference in accident risk between long and short truck configurations. *Journal of Risk Research*, 11(3), 315-333.
- Xiao, F., Yang, S. X., Gu, T. T., & Meng, L. (2018). Analysis of Risk Factors Affecting the Severity of Truck-Rollover Crashes on Expressway Ramps by Logistic Regression. In CICTP 2018: Intelligence, Connectivity, and Mobility (pp. 1975-1984). Reston, VA: American Society of Civil Engineers.
- Zaloshnja, E., & Miller, T.R. (2004). Costs of large truck-involved crashes in the United States. *Accident Analysis and Prevention* 36, 801–808.
- Zheng, Z., Lu, P., & Lantz, B. (2018). Commercial truck crash injury severity analysis using gradient boosting data mining model. *Journal of safety research*, 65, 115-124.
- Zhu, X., & Srinivasan, S. (2011). A comprehensive analysis of factors influencing the injury severity of large-truck crashes. *Accident Analysis and Prevention*, 43, 49–57.

6 Toppfartssperre

Dette er kapittel 4.33 i Trafikksikkerhetshåndboken (www.tshandbok.no). Forfatter: Rune Elvik.

6.1 Problem og formål

Omfanget av skader som kan oppstå ved en ulykke, avhenger sterkt av hvor store energimengder som kommer ut av kontroll ved ulykken. Kjøretøy i bevegelse produserer bevegelsesenergi. Mengden av bevegelsesenergi avhenger av kjøretøyets masse og fart (Noon, 1994):

$$\text{Bevegelsesenergi} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Her er m kjøretøyets masse angitt i kilogram og v er fart, angitt i meter per sekund. En lastebil på 15 tonn som holder en fart på 80 km/t produserer en bevegelsesenergi på 3.703.704 Joule. Dersom farten er 60 km/t, blir bevegelsesenergien 2.083.333 Joule. Én Joule er den bevegelsesenergi en masse på 2 kg har ved en fart på 1 meter per sekund. Fart har følgelig stor betydning for hvor mye bevegelsesenergi som utvikles. Jo mer energi som kommer ut av kontroll ved en ulykke, desto større kan skadene bli.

Tunge kjøretøy er overrepresentert i dødsulykker og ulykker med alvorlige personskader. Tunge godsbiler er innblandet i omkring 30% av dødsulykkene, men under 10% av alle personskadeulykker (Nævestad et al., 2022).

Tunge kjøretøy har høyere risiko per kjørt kilometer for å bli innblandet i alvorlige trafikkulykker enn lette kjøretøy. Tabell 4.33.1 viser antall kjøretøy innblandet i dødsulykker (drepte i figuren), ulykker med drepte eller hardt skadde og alle personskadeulykker. Tallene gjelder 2017.

Busser og tunge godsbiler har 6-7 ganger så høy risiko per kjørt kilometer som personbiler for å bli innblandet i dødsulykker. Deres risiko for å bli innblandet i ulykker med drepte eller hardt skadde er om lag 2,5-3,5 ganger høyere enn for personbiler.

Tabell 4.33.1: Risiko for å bli innblandet i ulykker med ulik alvorlighetsgrad for ulike typer kjøretøy per million kjøretøykilometer (tall for 2017).

	Drepte	D/HS	Alle skadde/drepte
Personbil	0,0022	0,0155	0,1260
Tung godsbil	0,0156	0,0410	0,2340
Buss	0,0132	0,0556	0,3889

Kjøretøy med totalvekt over 3,5 tonn skal i Norge ha toppfartssperre. Formålet med toppfartssperre på tunge kjøretøy er å begrense det skadepotensialet de representerer ved ulykker ved å begrense hvor mye bevegelsesenergi de kan utvikle. Et annet formål med tiltaket er å begrense energiforbruket til transport ved å holde farten under det nivået der forbruket av drivstoff per kjørt kilometer øker mest.

6.2 Beskrivelse av tiltaket

Toppfartssperre på tunge kjøretøy ble innført ved inngåelse av EØS-avtalen mellom Norge og EU. Avtalen ble inngått i 1992 og trådte i kraft 1.1.1994. Reglene om toppfartssperre er de samme i alle EU- og EØS-land. Lastebiler skal ha en toppfartssperre på høyst 90 km/t. Det er anledning til å innstille toppfartssperren på en lavere toppfart. Busser skal ha en toppfartssperre på høyst 100 km/t. Man kan frivillig velge en lavere toppfartssperre (<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1994-10-04-918>).

Statens vegvesen og politiet kontrollerer overholdelse av bestemmelsene om toppfartssperre på tunge biler.

6.3 Virkning på ulykkene

Det foreligger få undersøkelser om virkninger på ulykkene av toppfartssperre på tunge biler. Resultatene som presenteres her bygger på følgende undersøkelser:

- Transport Canada 2008 (Canada)
- Hanowski et al. 2012 (USA)
- Teoh et al. 2017 (USA)
- Nævestad et al., 2020 (Norge)

Transport Canada (2008) drøfter erfaringer med toppfartssperre i Australia, Sverige og Storbritannia. For Australia gjengis en figur som viser personskadeulykker med vogntog og busser før og etter at toppfartssperre ble innført i 1990. Toppfartssperren var på 100 km/t. Det var unormalt mange ulykker i 1989 både med vogntog og busser, så dette året er holdt utenfor. For vogntog og busser sett under ett, gikk antall ulykker ned med 22 % (95 % konfidensintervall: -29 %; -14 %).

Hanowski et al. (2012) sammenlignet ulykkesrisiko for transportbedrifter i USA som hadde tatt i bruk toppfartssperre og bedrifter som ikke hadde tatt i bruk toppfartssperre. Bedrifter med toppfartssperre hadde 19 % lavere ulykkesrisiko enn bedrifter som ikke benyttet toppfartssperre. Det opplyses at forskjellen i ulykkesrisiko ikke var statistisk signifikant, men usikkerhet i den prosentvise forskjellen i risiko oppgis ikke.

Teoh et al. (2017) sammenlignet ulykkesrisikoen til biler med og uten toppfartssperre. Biler med toppfartssperre hadde 17 % lavere ulykkesrisiko enn biler uten toppfartssperre. Usikkerheten (95 % konfidensintervall) i anslaget på virkning var imidlertid svært stor (-55 %; +52 %).

Nævestad (2020) sammenlignet ulykkesrisiko (materielle skadeulykker) i tre godstransportbedrifter som hadde satt toppfartssperren lavere enn 90 km/t. Toppfarten og ulykkesrisiko (ulykker per million kjøretøykilometer) var som følgende i de tre bedriftene:

- Bedrift A, 80 km/t: 0,70 ulykker per million kjørte kilometer
- Bedrift B, 84 km/t: 1,32 ulykker per million kjørte kilometer
- Bedrift C, 85 km/t: 1,36 ulykker per million kjørte kilometer.

Forskjellen i ulykkesrisiko mellom bedrift A og de to andre bedriftene skyldes ikke bare ulik innstilling av toppfartssperren, men også at bedrift A drev transport av farlig gods og derfor hadde innført flere sikkerhetstiltak enn de to andre bedriftene. Bedriftene B og C er mer sammenlignbare, og risikotallene viser at selv en forskjell på 1 km/t i toppfartssperren betyr at bedrift B hadde litt lavere ulykkesrisiko enn bedrift C. Forskjellen i ulykkesrisiko mellom bedriftene B og C er ikke av en urimelig størrelse vurdert ut fra generell kunnskap om sammenhengen mellom fart og ulykkesrisiko (Elvik, 2019).

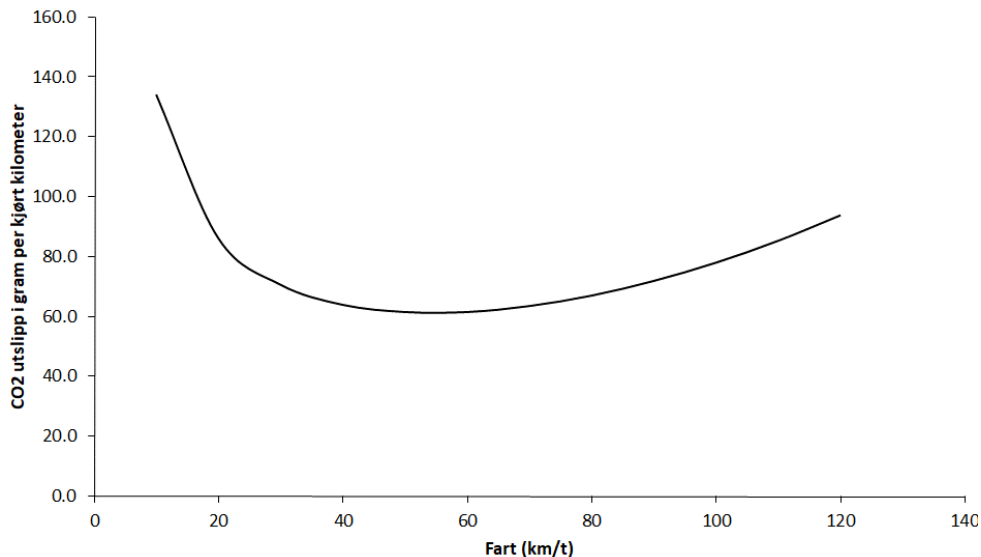
6.4 Virkning på framkommelighet

Det aller meste av trafikken i Norge avvikes på veger der fartsgrensen er lavere enn 90 eller 100 km/t. Her kan man ikke forvente noen effekt av toppfartssperre på tunge kjøretøy som holder fartsgrensen.

Mange veger med fartsgrense 90 km/t eller høyere har minst to kjørefelt i samme retning. Lette kjøretøy kan dermed ofte skifte felt for å kjøre forbi tunge kjøretøy som holder en lavere fart enn fartsgrensen. Toppfartssperre på tunge kjøretøy antas på bakgrunn av dette å ha minimal betydning for framkommeligheten på offentlige veger i Norge.

6.5 Virkning på miljøforhold

Fart har stor betydning for drivstofforbruk og utslipp fra tunge kjøretøy. Figur 4.33.1 viser beregnede CO₂-utslipp (som er proporsjonale med drivstofforbruk) som funksjon av fart fra en lastebil med en motorytelse på 10 kilowatt per tonn når bilen er lastet. Kurven er beregnet på grunnlag av en modell utviklet av Ligterink et al. (2012). Utslippene er lavest ved en fart på omkring 60 km/t. De øker ved høyere fart, men ikke opp til samme nivå som ved lav fart.



Figur 4.33.1: CO₂-utslipp per kjørt kilometer for lastebil som funksjon av fart (Basert på Ligterink et al., 2012).

Dersom tunge biler hadde kjørt fortere enn i dag uten toppfartssperre, bidrar sperren til å redusere utslippene.

6.6 Kostnader

Drivstofftilførselen til motoren er i dag styrt elektronisk på alle biler. En toppfartssperre krever ikke annet enn omprogrammering av kjørecomputeren, slik at drivstofftilførselen begrenses over en viss fart. Det blir dermed ikke mulig å kjøre fortere enn tilførselen av drivstoff tillater. Som figur 4.33.1 viser, må motoren tilføres mer drivstoff per kjørt kilometer når farten er over 60 km/t.

Kostnadene ved en toppfartssperre er dermed minimale, men kan stipuleres til i størrelsesorden 1.000 kroner per kjøretøy, siden det krever arbeidstid å omprogrammere kjørecomputeren og kontrollere at toppfartssperren virker som den skal.

6.7 Nyttekostnadsvurderinger

For transportbedrifter finnes i teorien en optimal kjørefart. Det er den fart som minimerer summen av alle kostnader ved kjøringen. Disse kostnadene omfatter kjøretøyenes driftskostnader, som i tillegg til drivstoff omfatter slitasje på dekk og andre bildeler, lønn til sjåføren, forventede ulykkeskostnader og tidskostnader knyttet til det som blir transportert. Studier viser at bedrifter kan spare penger ved å innstille toppfartssperren på en lavere fart enn 90 km/t (Nævestad, 2020). Dette reduserer både drivstofforbruk og ulykkesrisiko.

Økende bruk av flåtestyringssystemer i transportbedrifter innebærer at det er mulig å følge i detalj med på hver førers kjøreatferd og drivstofforbruk. Dette gjør det mulig å belønne sikker og økonomisk kjøring. Siden en fart på mer enn 90 km/t øker både drivstofforbruk og ulykkesrisiko, er det på ingen måte sikkert at tunge biler ville kjøre noe særlig fortere enn i dag dersom toppfartssperre ikke fantes.

Tunge biler har hatt toppfartssperre siden 1992, og det er ikke mulig å si hva ulykkestall eller andre virkninger ville ha vært uten toppfartssperre. Det er ikke aktuelt å fjerne toppfartssperren. Det foreligger derfor ikke et kunnskapsgrunnlag for en samfunnsøkonomisk analyse av virkninger av toppfartssperre på tunge biler.

6.8 Formelt ansvar og saksgang

Initiativ til tiltaket

Nye bestemmelser om kjøretøy i Norge kommer for det meste som et resultat av internasjonalt kjøretøyteknisk samarbeid. Dette gjelder også bestemmelsene om toppfartssperre på tunge biler, som er harmonisert i hele EØS-området.

Formelt ansvar og saksgang

Toppfartssperre er i dag obligatorisk for mopeder og kjøretøy med tillatt totalvekt over 3,5 tonn. For moped er høyeste tillatte fart 45 km/t. For tunge kjøretøy er høyeste tillatte fart 90 km/t for lastebiler og 100 km/t for busser. Andre kjøretøy har ikke toppfartssperre.

Ansvar for gjennomføring av tiltaket

Krav som gjelder nye biler fra et gitt tidspunkt, er i første rekke rettet mot bilimportører. Det er derfor disse som er ansvarlige for at bestemmelsene etterleveres. Statens vegvesen er kontrollmyndighet for kjøretøytekniske bestemmelser. Statens vegvesen kontrollerer at transportbedrifter etterlever reglene om toppfartssperre.

6.9 Referanser: Toppfartssperre

Elvik, R. (2019). A comprehensive and unified framework for analysing the effects on injuries of measures influencing speed. *Accident Analysis and Prevention*, 125, 63-69.

Hanowski, R., Bergoffen, G., Hickman, J. S., Guo, F., Murray, D., Bishop, R., Johnson, S., Camden, M. (2012). Research on the safety impacts of speed limiter device installations on commercial motor vehicles: Phase II draft final report. Report FMCSA-RRR-12-006. Washington D. C., U. S. Department of Transportation, Federal Motor Carrier Safety Administration.

Ligterink, N. E., Tavasszy, L. A., de Lange, R. (2012). A velocity and payload dependent emission model for heavy-duty road freight transportation. *Transportation Research Part D*, 17, 487-491.

Noon, R. K. (1994). *Engineering analysis of vehicular accidents*. Boca Raton, CRC Press.

Nævestad, T-O. (2020). Økonomisk kjøring som trafikksikkerhetstiltak. Rapport 1813. Oslo, Transportøkonomisk institutt.

Nævestad, T.O., Hesjevoll, I.S., Sagberg, F., Hovi, I.B. & Elvik, R. (2022). Tunge kjøretøys ulykkesrisiko i Norge. TØI-Rapport 1886/2022.

Teoh, E. R., Carter, D. L., Smith, S., McCartt, A. T. (2017). Crash risk factors for interstate large trucks in North Carolina. *Journal of Safety Research*, 62, 13-21.

Transport Canada. (2008). Learning from others: An international study on heavy truck speed limiters. TP 14810. Ottawa, Transport Canada.

7 Utekontroll av kjøretøy

Dette er kapittel 5.3 i Trafikksikkerhetshåndboken (www.tshandbok.no). Forfatter: Rune Elvik.

7.1 Problem og formål

Ved normal bruk utsettes en rekke bildeler for slitasje. Uten regelmessig tilsyn og vedlikehold kan det oppstå trafikkfarlige feil og mangler. To amerikanske studier (Jones og Stein 1989, Teoh mfl. 2017) viser at tekniske feil og mangler ved tunge godsbiler øker ulykkesrisikoen. Jones og Stein (1989) fant at lastebiler med tekniske feil og mangler hadde 1,7 ganger høyere ulykkesrisiko enn lastebiler uten tekniske feil og mangler. Teoh mfl. (2017) fant at risikoen var 3,1 ganger så høy med tekniske feil og mangler som uten. De to studiene viser at antall ulykker med tunge godsbiler kan reduseres med 30-50% dersom tekniske feil og mangler ikke forekom.

Tekniske feil og mangler på biler er vanlig. I Norge ble det ved utekontroller i 2020 påvist feil og mangler på 50% av lette biler og 47% av tunge biler. Av de tunge bilene, ble 28% ilagt kjøreforbud. Det betyr at de ikke kunne fortsette transporten før feil og mangler var rettet.

Sammenhengen mellom tekniske feil på tunge kjøretøy og ulykkesrisiko er beskrevet i kapittel 4.23.

Utekontroll av kjøretøy har til formål å plukke ut kjøretøy med tekniske feil og mangler i trafikken og redusere ulykkestallet ved å sørge for at feil og mangler utbedres, eller at kjøretøyene fjernes fra trafikken.

7.2 Beskrivelse av tiltaket

Utekontroll av kjøretøy omfatter kontroll som drives av Statens vegvesen og av politiet, til dels sammen, til dels hver for seg. Statens vegvesen har bygget opp utekontrollstasjoner langs hovedvegnettet, og utekontroller foregår ved disse stasjonene. Stasjonene har blant annet vekt og utstyr for å måle hvor godt bremsene virker. I 2020 ble det utført utekontroller av 79.042 tunge biler og 48.063 lette biler.

Opplegget for utekontroll av tunge biler følger EU-direktiv 2014/47. Feil klassifiseres som mindre, alvorlige og farlige. Ved farlige feil nedlegges kjøreforbud.

7.3 Virkning på ulykkene

Det finnes forholdsvis få undersøkelser om virkninger på ulykkene av utekontroll av kjøretøy. Følgende undersøkelser er funnet:

- Crain, 1980 (USA)
- VanMatre og Overstreet, 1981 (USA)
- Fridstrøm og Bjørnskau, 1989 (Norge), jfr Fridstrøm og Ingebrigtsen, 1991
- Thakuriah, Yanos, Lee & Sreenivasan, 2001 (USA)
- Elvik, 2002 (Norge)
- Elvik 2022 (Norge)

Disse undersøkelsene er innbyrdes ganske forskjellige, og derfor oppsummert hver for seg.

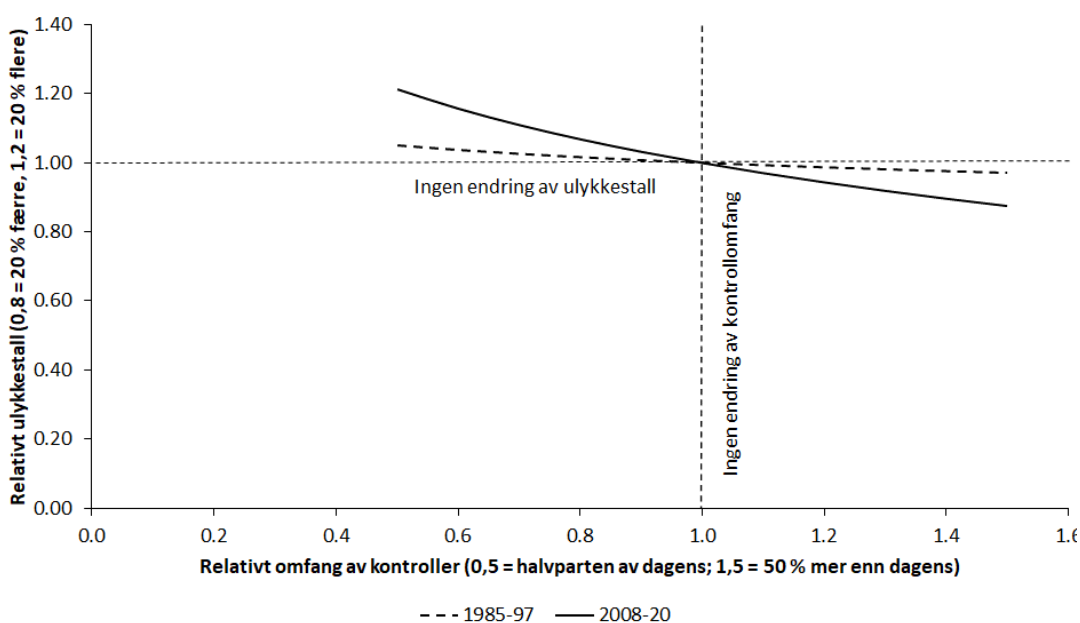
To undersøkelser (Crain, 1980; VanMatre & Overstreet, 1981) sammenligner risikonivået i trafikken mellom delstater i USA med og uten utekontroll. Utekontrollene gjaldt i prinsippet alle typer kjøretøy, men tunge ble prioritert. Undersøkelsene, som kom til sammenfallende resultater, viser at delstater med utekontroll har ca. 15% lavere dødsrisiko i trafikken ($\pm 1\%$) enn delstater uten utekontroll. For personskadeulykker var risikoen i delstater med utekontroll 14% lavere ($\pm 0,2\%$) enn i delstater uten utekontroll. Undersøkelsene sier ikke noe om virkninger av utekontroll for ulike grupper av kjøretøy. De sier heller ikke noe om omfanget eller kvaliteten av utekontroll i delstater som har slik kontroll. Det er også uvisst om undersøkelsene har tatt godt nok hensyn til andre forhold enn utekontroll, som kan skape forskjeller i risiko i trafikken mellom delstater. Begge undersøkelser har imidlertid kontrollert for en del andre faktorer (ca. 8-10) som kan forklare forskjeller i risikonivå mellom delstater.

En norsk undersøkelse (Fridstrøm & Bjørnskau, 1989; Fridstrøm & Ingebrigtsen, 1991) studerte faktorer som forklarer variasjonen i ulykkestall per fylke og måned i Norge i perioden 1974-1986, bl.a. utekontroll av kjøretøy. Også her ble i prinsippet alle typer kjøretøy kontrollert, men i praksis ble tunge prioritert. Det ble påvist at utekontroll av kjøretøy påvirker antall skadde i bil og antall skadde fotgjengere og syklist, men i motsatt retning. Når de to gruppene ses under ett, bidro utekontroll av kjøretøy til ca. 2% færre skadde trafikanter. Økning av antall kontroller med 50% ga knapt 3% færre skadde. Reduksjon av antall kontroller med 50% ga 1% færre skadde. Studien tyder på at variasjon i antall kontroller på $\pm 50\%$ har liten betydning for antall skadde trafikanter.

En amerikansk undersøkelse (Thakuria et al., 2001) fant en svak tendens til at tunge kjøretøy som ved kontroll hadde tekniske feil og mangler, var innblandet i flere ulykker første år etter kontroll enn tunge kjøretøy som ved kontroll ikke hadde feil og mangler. Studien fant at det først var når antall feil og mangler per kjøretøy var mer enn 14, at ulykkesrisikoen økte betydelig.

Elvik (2002) studerte virkninger av utekontroll av tunge kjøretøy i perioden 1985-1997. Studien er re-analysert av Elvik (2022) og oppdatert med nye data for perioden 2008-2020. Data for den siste perioden omfatter kun tunge godsbiler. Resultatene for de to periodene fremgår av figur 5.3.1.

I perioden 1985-1997 ga en økning av kontrollene på 50% en nedgang i ulykkestall på 3%. En reduksjon av kontrollene på 50% ga en ulykkesøkning på 5%. I perioden 2008-2020 (Elvik, 2022) var virkningene av kontrollene større. En økning på 50% ga da en nedgang i ulykkestall på 12%. En reduksjon av kontrollene på 50% ga en økning i ulykkestall på 21%.



Figur 5.3.1: Dose-responskurver for virkninger på ulykkene av utekontroll av tunge kjøretøy.

Det er ikke urimelig at utekontroll av tunge biler har større virkning nå enn for ca. 30 år siden. Utekontrollstasjonene er bygget ut og har fått mer og bedre utstyr for tekniske undersøkelser av bremses, styring, avgassutslipp og andre ting.

7.4 Virkning på framkommelighet

Det er ikke funnet undersøkelser som sier noe om hvordan utekontroll av kjøretøy virker på framkommeligheten. Kontrollene holdes som regel på utekontrollstasjoner, parkeringsplasser eller rasteplasser der de ikke hindrer trafikken. Trafikken forbi et kontrollsted kan derfor avvikles normalt.

Tekniske kontroller av kjøretøy kan føre til færre havarier. Havarerte kjøretøy kan hindre trafikken, spesielt i tunneler der det er vanskelig å komme forbi kjøretøy som er hensatt i kjørebanelen.

7.5 Virkning på miljøforhold

Det er ikke funnet undersøkelser som viser hvordan utekontroll av kjøretøy virker på miljøforhold. Det er ved utekontroll mulig å utføre en såkalt tomgangskontroll av avgasser. Videre kan man ved visuell kontroll til en viss grad avgjøre om utslippene er unormalt store. Lekkasje i eksosanlegget kan, i det minste i alvorlige tilfeller, bedømmes ut fra støy.

I den grad man ved utekontroll også kontrollerer avgasser og lekkasjer i eksosanlegget, og sørger for at feil og mangler blir utbedret, kan dette redusere miljøproblemer knyttet til avgassutslipp og støy. Faktiske virkninger av utekontroll på avgassutslipp er ikke dokumentert.

7.6 Kostnader

I forbindelse med arbeid med grunnlagsmateriale til Nasjonal transportplan, er nytte og kostnader ved økte utekontroller av tunge kjøretøy beregnet. Det ble anslått at Statens vegvesen i 2010 brukte omkring 80 millioner kroner på utekontroll av tunge kjøretøy, medregnet kjøre- og hviletidskontroll.

Antall utekontroller i 2020 var omtrent det samme som i 2010. På grunnlag av kostnadsindeksen for drift og vedlikehold av veger, kan kostnadene i 2020 anslås til omkring 105 millioner kroner.

7.7 Nyttekostnadsvurderinger

En økning av utekontrollene med 50% vil koste om lag 53 millioner kroner. På grunnlag av kurven i figur 5.3.1, kan det beregnes at 32 personskadeulykker der tunge godsbiler er innblandet kan unngås i løpet av det året kontrollene økes. Innsparte ulykkeskostnader knyttet til disse ulykkene kan anslås til minst 118 millioner kroner (Statens vegvesen, håndbok V712, 2021). Nyttien av å øke kontrollene er klart større enn kostnadene.

7.8 Formelt ansvar og saksgang

Initiativ til tiltaket

Utekontroll av kjøretøy foretas av Statens vegvesen og politiet.

Formelle krav og saksgang

Hvert år utarbeider Statens vegvesen mål for antall kontroller som skal holdes, på bakgrunn av retningslinjer, tilstandsundersøkelser eller rettsregler. Det er utarbeidet kontrollveiledning som beskriver hva som skal kontrolleres, hvordan kontrollene skal utføres og hvordan feil og mangler skal bedømmes og sanksjoneres. Kontrollveiledningen er tilgjengelig på www.vegvesen.no. Vanlige punkter som kontrolleres er: Bremses, bilbelter, lys og refleks, dekk, hjuloppheng og synlige rustskader.

Når det påvises feil og mangler, kan følgende reaksjoner brukes: (1) muntlig pålegg om utbedring (ved småfeil), (2) skriftlig pålegg om utbedring (gitt ved utfylt mangellapp), (3) forenklet forelegg (benyttes av politiet for nærmere angitte feil og mangler) og (4) kjøreforbud (avskilting).

Ansvar for gjennomføring av tiltaket

Teknisk utekontroll av kjøretøy gjennomføres av Statens vegvesen og politiet. Bileieren må innen en viss frist dokumentere at skriftlig påtalte feil og mangler er utbedret. Hvis ikke påtalte feil og mangler utbedres, kan det nedlegges kjøreforbud.

7.9 Referanser: Utekontroll av kjøretøy

- Crain, W. M. (1980). Vehicle Safety Inspection Systems. How Effective? AEI studies 258. American Enterprise Institute for Public Policy Research, Washington DC.
- Elvik, R. (2002). The effect on accidents of technical inspections of heavy vehicles in Norway. *Accident Analysis and Prevention*, 34, 753-762.
- Elvik, R. (2022). Effects on accidents of technical inspections of heavy goods vehicles in Norway: a re-analysis and a replication. Paper 22-00438 submitted to *Accident Analysis and Prevention*.
- Fridstrøm, L. & T. Bjørnskau. (1989). Trafikkulykkes drivkrefter. En analyse av ulykkes-tallenes variasjon i tid og rom. TØI-rapport 39. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Fridstrøm, L. & S. Ingebrigtsen. (1991). An aggregate accident model based on pooled, regional time-series data. *Accident Analysis and Prevention*, 23, 363-378.
- Jones, I. S. & H. S. Stein. (1989). Defective equipment and tractor-trailer crash involvement. *Accident Analysis and Prevention*, 21, 469-481.
- Moses, L. N. & I. Savage. (1992). The effectiveness of motor carrier safety audits. *Accident Analysis and Prevention*, 24, 479-496.
- Statens vegvesen (2011). Årsrapport 2010. Oslo, Statens vegvesen, Vegdirektoratet.
- Statens vegvesen (2021). Håndbok V712. Konsekvensanalyser. Oslo, Statens vegvesen, Vegdirektoratet.
- Teoh, E. R., Carter, D. L., Smith, S., McCartt, A. T. (2017). Crash risk factors for interstate large trucks in North Carolina. *Journal of Safety Research*, 62, 13-21.
- Thakuriah, P., Yanos, G., Lee, J-T. & Sreenivasan, A. (2001). Motor carrier safety. Crash patterns of inspected commercial vehicles. *Transportation Research Record*, 1779, 150-156.
- VanMatre, J. G. & G. A. Overstreet. (1981). Motor Vehicle Inspection and Accident Mortality: A Reexamination. *Journal of Risk and Insurance*, 48, 423-435.

Vedlegg

V 1. Bilbelter i tunge kjøretøy: Studier

Bilbelter for førere av tunge lastebiler

Bilbelter for lastebilførere	
Buendia et al., 2015 (Sverige) (same data as Candefjord et al., 2015)	Omtrent samme effekt av bilbelte i lastebiler som i personbiler: <ul style="list-style-type: none"> » Lastebil: -91% KSI » Personbil: -88% KSI.
Chen et al., 2015 (USA)	Ikke-bruk av bilbelte blant lastebilførere (langdistanseførere) henger sammen med (alle OR justert for de øvrige faktorene): <ul style="list-style-type: none"> » Fart over fgr. (+16 km/t eller mer): OR = 2.9 » Bedrift uten skriftlig sikkerhetsprogram: OR = 2.8 » To eller flere trafikkforseelser i siste 12 mnd.: OR = 2.2 » Delstat uten obligatorisk beltebruk: OR = 2.1 » Kvinne: OR = 2.3.
Febres et al., 2020 (Spania)	Risiko for å bli D/HS med belte er redusert med (informasjon for å beregne KI mangler): <ul style="list-style-type: none"> » 81% i bus (passasjerer og førere) » 86% i lastebil (alle typer) » 86% i personbil
Feng et al., 2016 (USA)	Beltebruk blant bussførere reduserer skadegraden i ulykkene (<i>uforståelig beskrivelse av resultatene; alvorlighet definert som «fatality severity»</i>)
Hu & Blower, 2013 (USA)	Metaanalyse. Ulike effekter avhengig av ulykkestype (total: -82%) <ul style="list-style-type: none"> » Eneulykker: -84% (med velt: -75%; ellers -87%) » Kollisjoner: -74% » Størst effekt i eneulykker uten velt Risiko for å bli kastet ut nesten eliminert: -97% (-99; -96)
Islam & Hernandez, 2012 (USA)	Større skadereduserende effekt for mer alvorlige skader (ikke mulig å tallfeste)
Uddin & Huynh (2017)	Ulike effekter tett/spredt da/natt (<i>generelt litt forvirrende resultater/beskrivelse</i>): <ul style="list-style-type: none"> » Tett og spredt i mørke: Mindre alvorlige skader » Spredt i dagslys: Mer alvorlige skader (ingen forklaring/interpretasjon oppgitt)

Bilbelter for busspassasjerer

Bilbelter for busspassasjerer	
Albertsson et al., 2006 (Sverige)	128 velteulykker med buss Alle drepte passasjerer var kastet ut og havnet under bussen (to helt, fem delvis kastet ut) Mest vanlige skader: Skader mot interiør Estimerede (teoretiske) effekter på alvorlige skader (MAIS 2+): <ul style="list-style-type: none"> » 2-punkt vs. ingen: -51% » 3- vs. 2-punkt: -80%
Chang et al., 2006 (Taiwan)	Mange av de mest vanlige skadene blant passasjerer trolig kunne ha vært unngått ved bruk av bilbelter. Dette er i hovedsak skader som oppstår når passasjerer blir kastet <ul style="list-style-type: none"> » Mot interiøret » På hverandre » Ut av bussen.
Chu, 2014 (Taiwan)	Multivariate modeller Beltebruk reduserer risikoen for alvorlige skader blant busspassasjerer og -førere og er blant faktorene med størst effekt (veldig mange andre faktorer i modellen, relatert til ulykke, veg og fører), men uten at virkningen er tallfestet.

Bilbelter for busspassasjerer	
Edwards et al., 2019 (Storbritannia)	<p>Ulykkesdata og CCTV-opptak fra busser i kollisjoner for å undersøke vanlige skademekanismer på buss</p> <p>Mulige forbedringer for å redusere skadegraden ved trafikkulykker og fallulykker under kjøring:</p> <ul style="list-style-type: none"> » Støttestolper og -håndtak, posisjonering slik at risikoen for at noen treffer dem er redusert (ingen lovende resultater for å gjøre dem mer impact-vennlig) – Palacio et al. (2009; Spania): Spesielt horisontale håndtak på seterygger forårsaker ofte skader og bør erstattes med vertikale håndtak » Høyere seterygger: Lavere risiko for å bli kastet gjennom busser for passasjerer som sitter i kjøreretningen og lavere risiko for whiplash-skader for passasjerer som sitter mot kjøreretningen. <p>Generelt problem at de mest sårbare passasjerene (f.eks. rullestolbrukere, handikappede) sitter på de farligste plassene (åpent område ved dørene med mange ting som man kan skade seg mot)</p>
Elitok et al., 2006 (Tyskland / Tyrkia)	<p>Indirekte effekter av belte for passasjerer på buss: Passasjerer som bruker belte øker massen til busser som man må ta hensyn til ved vurdering av kollisjonssikkerheten og seteutføring. Vekten som må legges til vekten av busser er 70% av passasjerenes vekt ved topunktsbelter og 90% av passasjerenes vekt ved trepunktsbelter</p>
Febres et al., 2020 (Spania)	<p>Risiko for å bli D/HS med belte er redusert med (informasjon for å beregne KI mangler):</p> <ul style="list-style-type: none"> » 81% i bus (passasjerer og førere) » 86% i lastebil (alle typer) » 86% i personbil
Gueler et al., 2009 (Tyrkia) Simuleringer	<p>Busspassasjerer uten belte har høy risiko for alvorlige skader i velteulykker; risikoen er betydelig redusert med belte.</p> <p>Virkningen av to- og tre-punktsbelte var omtrent den samme.</p>
Katz et al., 2021 (USA)	<p>Indirekte effekter av beltebruk blant passasjerer på skolebusser:</p> <ul style="list-style-type: none"> » Bedre atferd blant passasjerene (bl.a.: mindre ute av setene, slår hverandre mindre, færre skriftlige advarsler (citations)) » Mindre distraksjon for bussføreren <p>Noen rare effekter: Ca. 1/3 av bussførerne opplevde at skolebarn</p> <ul style="list-style-type: none"> » Har problemer med å ta på eller av beltene eller at ryggsekker og lignende setter seg fast i beltene » (!) Slår hverandre med beltene, i hovedsak når det er 2-punktsbelter og langt mindre med trepunktsbelter
Khattak et al., 2003 (USA)	<p>Eneulykker med tunge lastebiler</p> <p>Risiko for personskade redusert med ca. 17% ved bruk av bilbelte (KI ikke oppgitt)</p>
Kissner et al., 2021 (USA)	<p>Indirekte effekter av beltebruk blant passasjerer på skolebusser:</p> <ul style="list-style-type: none"> » Bedre atferd blant passasjerene » Mindre distraksjon for bussføreren <p>Beltebruken blant passasjerene avhenger sterkt av bussførere og denne trenger både opplæring og motivasjon for å få passasjerene til å bruke belte.</p>
Mátyás, 2013 (Ungarn)	<p>Potensielle ulemper ved bruk av belte i buss:</p> <ul style="list-style-type: none"> » Ved velt kan man bli hengende fast uten å kunne åpne beltet » Belte beskytter i liten grad mot delvis utkastelse » Sidevinduer ikke laminert da de må kunne brukes som nødutgang, men de er ifølge denne studien ikke egnet som nødutgang og heller ikke nødvendige

V 2. Sikkerhetsutstyr og tekniske feil på tunge kjøretøy: Studier

Tekniske feil

Studie	Teknisk feil og forekomst	Ulykke/skadegrad	Effekt
Jones & Stein, 1989 (USA)	En eller flere tekniske feil og mangler. Mest vanlig: feil på bremses (56%) og styring (21% av vogntog i ulykke)	Ulykkesrisiko: Alle ulykker	+72% (+35; +118)
Teoh et al., 2017 (USA)	En eller flere tekniske feil (bremses, dekk eller belysning)	Ulykkesrisiko	Alle ul.: +210% (+89; +406) Lastebil utløsende: +380% (+83; +1158)
Rahimi et al., 2020 (Iran)	En eller flere tekniske feil (ikke spesifisert)	Skadegrad i eneulykke: Drept vs. ikke drept / drept eller skadd vs. materiellskade	Drept: +79% (+17; +175) Drept/skadd: +12% (-10; +40) (noe av økningen kan trolig skyldes manglende kontroll for andre faktorer, bl.a. at lastebiler ofte er svært gamle)

Feil på bremses

Studie	Teknisk feil og forekomst	Ulykke/skadegrad	Effekt
Jones & Stein, 1989 (USA)	Feil på bremses: 56% av tunge kjøt. i ulykker	Ulykkesrisiko: Alle ulykker	+60% (+2; +139)
Khattak et al., 2003 (USA)	Feil på bremses	Risiko for velt, gitt i ulykke Risiko for alvorlig skade, gitt velt	Risiko for velt: Uendret Skaderisiko: Noe høyere (ns)
Blower et al., 2010 (USA)	Feil på bremses: 19% av tunge lastebiler i ulykker	Utløsende enhet (vs. innblandet) i ulykke; lastebil lastet med under eller over halvparten av maksimalt tillatt last	0-50% av maks. last: +38% >50% av maks. last: +247%
Chen & Chen, 2011 (USA)	Feil på bremses: 1,5% / 1,6% i ene-/flerparsulykker	Andel drepte/hardt skadde i ene-/flerparsulykker	Eneulykker: -12% Flerpatsulykker: +7%
Teoh et al., 2017 (USA)	Feil på bremses	Ulykkesrisiko: Alle ulykker Ulykkesrisiko: Lastebil utløsende	+45% (-18; +156) +750% (+96; +3579)
Høye, 2018 (Norge)	Feil på bremses: 5,2% / 1,4% blant lastebiler som var utløsende/ikke utløsende enhet i dødsulykke	Utløsende enhet (vs. innblandet) i dødsulykke	+298% (+28; +1136)
Wang & Prato, 2019 (Kina)	Feil på bremses (funnet på 23% av lastebilene)	Alle ulykker: Skadegrad (drept vs. ikke drept)	Drept: +14,6% Personskade: Ikke stat. sign.

Feil på hjul / dekk

Studie	Teknisk feil	Ulykke/skadegrad	Effekt
Jones & Stein, 1989 (USA)	Feil på dekk (uspes. feil)	Ulykkesrisiko: Alle ulykker	Ingen sammenheng
Bareket et al., 2000 (USA)	Punktering av dekk	Alle ulykker: Drept (vs. ikke drept)	+9% (-15; +40)
Woodroffe et al., 2008 (USA)	Punktering av dekk	Forekomst	Størst forekomst på vegger med høy fartsgrense (> 97 km/t; især >113 km/t)
Blower et al., 2010 (USA)	Feil på dekk / hjul (uspes. feil): 4% / 1% av tunge lastebiler i ulykker	Utløsende enhet (vs. innblandet) i ulykke	Feil på dekk: +18% Feil på hjul: +31%
Chen & Chen, 2011 (USA)	Feil på dekk (uspes. feil): 1,6% / 0,8% i ene-/flerpartsulykker	Skadegrad: Andel drepte/hardt skadde i ene-/flerpartsulykker	Eneulykker: +24% Flerpartsulykker: +39%
Islam, 2015 (USA)	Feil på dekk (uspes. feil)	Skadegrad: Hardt skadd (flerpartsulykke)	Mer alvorlige skader: +5,2%
Teoh et al., 2017 (USA)	Feil på dekk (uspes. feil)	Ulykkesrisiko: Alle ulykker Ulykkesrisiko: Lastebil utløsende	+238% (+82; +528) +1200% (+70; +9838)
Høye, 2018 (Norge)	Feil på dekk/hjul (uspes. feil): 5,8% / 0% blant lastebiler som var utløsende/ikke utløsende enhet i dødsulykke	Utløsende enhet (vs. innblandet) i dødsulykke	Stor økning (ikke mulig å beregne pga. null med feil på dekk/hjul som ikke var utløsende enhet)
Azimi et al., 2020 (USA)	Feil på dekk (uspes. feil)	Skadegrad: Personskade ved velt	+6% (sign.)
Haq et al., 2020 (USA)	Punktering av dekk	Sammenheng mellom ulykkesrisiko og vekt	Høyest risiko for punktering for tunge lastebiler (>11,8 tonn)

Feil på bremses vs. hjul/dekk: Hva har større effekt?

			Feil på bremses	Feil på hjul/dekk
Jones & Stein, 1989 (USA)	Alle ulykker	Alle skadegrader	+60% (+2; +139)	Ingen sammenheng
Teoh et al., 2017 (USA)	Alle ulykker	Alle skadegrader	+45% (-18; +156)	+238% (+82; +528)
Blower et al., 2010 (USA)	Alle ulykker: 0-50% av maks. tillatt last	Alle skadegrader	+38% / +247% (under/over 50% av maks. last)	+18% / +31% (feil på dekk/ hjul)
Teoh et al., 2017 (USA)	Alle ulykker (utløsende)	Alle skadegrader	+750% (+96; +3579)	+1200% (+70; +9838)
Høye, 2018 (Norge)	Alle ulykker	Dødsulykker	+298% (+28; +1136)	Stor økning
Chen & Chen, 2011 (USA)	Eneulykker	Drept/hardt skadd	-12%	+24%
Chen & Chen, 2011 (USA)	Flerpartsulykker	Drept/hardt skadd	+7%	+39%

Feil på styringen

Studie	Teknisk feil og forekomst	Ulykke/skadegrad	Effekt
Jones & Stein, 1989 (USA)	Feil på styringen: 21% av vogntog i ulykke	Ulykkesrisiko: Alle ulykker	+160% (+17; +495)
Blower et al., 2010 (USA)	Feil på styringen: 1,1% av vogntog i ulykke	Utløsende enhet (vs. innblandet) i ulykke	+43%

Feil på fjæring/støtdemping

Studie	Teknisk feil og forekomst	Ulykke/skadegrad	Effekt
Haq et al., 2020 (USA)	Feil på støtdemping: 0,6% av lastebiler i ulykker		(ingen effekt)
Blower et al., 2010 (USA)	Feil på støtdemping: 2,6% av vogntog i ulykke	Utløsende enhet (vs. innblandet) i ulykke	+5%

Feil sikring av last

Studie	Teknisk feil og forekomst	Ulykke/skadegrad	Effekt
Høye, 2018 (Norge)	Mangelfull sikring av last: 7,8% / 0,3% blant lastebiler som var utløsende/ikke utløsende enhet i dødsulykke	Utløsende enhet (vs. innblandet) i dødsulykke	Økt risiko, ca. 28 ganger så høy
Blower et al., 2010 (USA)	Mangelfull sikring av last: 3,5% av lastebiler i ulykke	Utløsende enhet (vs. innblandet) i ulykke	+34% (Jf. over vs. under halvparten av tillatt last: -31%)

RSC, ESC, LDW

Studie	Tilhengere	Ulykke/skadegrad	Effekt																								
Murray et al., 2012 (USA)	Lastebiler (>11,8 tonn)	Uspes. skadegrad; velt og jackknife (ulykkesrisiko med vs. uten tiltak, ikke kontrollert for andre faktorer)	Ulykkesrisiko med vs. uten tiltak <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Velt</th> <th>Jackknife</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RSC</td> <td>-60%</td> <td>-76%</td> </tr> <tr> <td>ESC</td> <td>-47%</td> <td>-73%</td> </tr> </tbody> </table>		Velt	Jackknife	RSC	-60%	-76%	ESC	-47%	-73%															
	Velt	Jackknife																									
RSC	-60%	-76%																									
ESC	-47%	-73%																									
Jermakian, 2012 (USA)	Lastebiler (>6,3 tonn)	Ulykker som er <u>potensielt</u> relevante for de respektive tiltakene (ikke evaluering av tiltak)	Potensielt påvirkelige ulykker: <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="3">Alle ulykker</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Alle</th> <th>Psu</th> <th>Du</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Side view ass.</td> <td>10%</td> <td>6%</td> <td>2%</td> </tr> <tr> <td>FCW</td> <td>8%</td> <td>7%</td> <td>3%</td> </tr> <tr> <td>LDW</td> <td>3%</td> <td>3%</td> <td>5%</td> </tr> <tr> <td>ESC</td> <td>6%</td> <td>15%</td> <td>9%</td> </tr> </tbody> </table>		Alle ulykker				Alle	Psu	Du	Side view ass.	10%	6%	2%	FCW	8%	7%	3%	LDW	3%	3%	5%	ESC	6%	15%	9%
	Alle ulykker																										
	Alle	Psu	Du																								
Side view ass.	10%	6%	2%																								
FCW	8%	7%	3%																								
LDW	3%	3%	5%																								
ESC	6%	15%	9%																								
Blower & Woodroffe, 2013 (USA)	Lastebiler (?)	Velteulykker	Effekt av tiltak: <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Velt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RSC</td> <td>-25%</td> </tr> </tbody> </table>		Velt	RSC	-25%																				
	Velt																										
RSC	-25%																										
Hickman et al., 2015 (USA)	Lastebiler (>11,8 tonn)	Uspes. skadegrad; ulykker relevant for RSC/LDW	Effekt av tiltak: <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Rel. ulykker</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RSC</td> <td>-36% (-47; -22)</td> </tr> <tr> <td>LDW</td> <td>-48% (-65; -23)</td> </tr> </tbody> </table>		Rel. ulykker	RSC	-36% (-47; -22)	LDW	-48% (-65; -23)																		
	Rel. ulykker																										
RSC	-36% (-47; -22)																										
LDW	-48% (-65; -23)																										
Teoh et al., 2017 (USA)	Trekkbil+semitrailer (95%)	Personskadeulykker	Effekt av tiltak: <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Alle ulykker</th> <th>Flerpartsulykker</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RSC</td> <td>-19% (-57; +53)</td> <td>-35% (-70; +41)</td> </tr> <tr> <td>ABS trekkbil</td> <td>-65% (sign.)</td> <td>-53% (ns)</td> </tr> <tr> <td>ABS semitrailer</td> <td>-27% (ns)</td> <td>-23% (ns)</td> </tr> </tbody> </table>		Alle ulykker	Flerpartsulykker	RSC	-19% (-57; +53)	-35% (-70; +41)	ABS trekkbil	-65% (sign.)	-53% (ns)	ABS semitrailer	-27% (ns)	-23% (ns)												
	Alle ulykker	Flerpartsulykker																									
RSC	-19% (-57; +53)	-35% (-70; +41)																									
ABS trekkbil	-65% (sign.)	-53% (ns)																									
ABS semitrailer	-27% (ns)	-23% (ns)																									

ABS

Studie	Tilhengere	Ulykke/skadegrad	Effekt																								
Meuleners et al., 2017 (Australia)	Lastebiler	Alle ulykker, alle skadegrader	-40% (-70; +20) <i>(Med kontroll for en rekke andre faktorer som bl.a. om bilen kjører med eller uten last og ulike føreregenskaper)</i>																								
Rahimi et al., 2017 (Iran)	Lastebiler	Skadegrad i eneulykker	Drept (vs. ikke drept): +20% (-33; +113) Skadd (vs. ikke skadd): -10% (-30; +16) <i>(Uten kontroll for andre faktorer; heller ikke noen effekt med kontroll).</i>																								
Allen, 2010 (USA)	Lastebiler	«Target crashes» (ca. 50% av alle): Alle / ulike ulykkestyper; dødsulykke / uspes. skadegrad	Target crashes: <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Alle ulykker</th> <th>Eneul.</th> <th>Flerpartsul.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dødsul.</td> <td>-4% ns</td> <td>-5% ns</td> <td>-5% ns</td> </tr> <tr> <td>Usp. skadeg.</td> <td>-13%*</td> <td>-17%*</td> <td>-9%</td> </tr> <tr> <td>Velt (Du)</td> <td></td> <td>-23%*</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Jackknife</td> <td></td> <td>-18% ns</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fotgj/syssel/vilt</td> <td></td> <td>+9% ns</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Alle ulykker	Eneul.	Flerpartsul.	Dødsul.	-4% ns	-5% ns	-5% ns	Usp. skadeg.	-13%*	-17%*	-9%	Velt (Du)		-23%*		Jackknife		-18% ns		Fotgj/syssel/vilt		+9% ns	
	Alle ulykker	Eneul.	Flerpartsul.																								
Dødsul.	-4% ns	-5% ns	-5% ns																								
Usp. skadeg.	-13%*	-17%*	-9%																								
Velt (Du)		-23%*																									
Jackknife		-18% ns																									
Fotgj/syssel/vilt		+9% ns																									
Teoh et al., 2017 (USA)	Trekkbil+semitrailer (95%)	Personskadeulykker	Effekt av tiltak: <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Alle ulykker</th> <th>Flerpartsulykker</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ABS trekkbil</td> <td>-65% (sign.)</td> <td>-53% (ns)</td> </tr> <tr> <td>ABS semitrailer</td> <td>-27% (ns)</td> <td>-23% (ns)</td> </tr> </tbody> </table>		Alle ulykker	Flerpartsulykker	ABS trekkbil	-65% (sign.)	-53% (ns)	ABS semitrailer	-27% (ns)	-23% (ns)															
	Alle ulykker	Flerpartsulykker																									
ABS trekkbil	-65% (sign.)	-53% (ns)																									
ABS semitrailer	-27% (ns)	-23% (ns)																									

V 3. Tunge kjøretøyers vekt og størrelse: Studier

Vogntog vs. lastebil uten tilhenger: Ulykkesrisiko

Studie	Tilhengere	Ulykke/skadegrad	Risiko med vogntog vs. lastebil uten tilhenger
Balint et al., 2014 (Sverige)	Vogntog vs. lastebil uten tilhenger (12-18.75 vs. <12 meter)	Alle ulykker <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Lavere: -59%
Campbell et al., 1988 (USA)	Lastebil+henger vs. lastebil uten henger	Dødsulykker <i>Med kontroll for: Veg- og områdetype, dag/natt</i>	Høyere: +30% (+57% uten kontroll)
Clarke & Wiggers, 1998 (USA); USDOT, 2000 (USA)	Trekkbil + semitrailer vs. lastebil uten tilhenger	Dødsulykker <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Høyere risiko (ca. dobbelt; uavhengig av vegtype)
Hassal & Thompson, 2016 (Australia)	Vogntog vs. lastebil uten tilhenger	Alle ulykker <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Trekkbil+semitrailer: Høyere +115% Lastebil+tilhenger: Lavere -18%
Høye, 2010 (Norge)	Vogntog vs. lastebil uten tilhenger (Personskadeulykker, 1998-2005)	Alle ulykker <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Lavere: » Alle ulykker: -17% » Personskadeulykker: -8% » Drept: +75%
Meuleners et al., 2017 (Australia)	Vogntog vs. lastebil uten tilhenger	Alle ulykker <i>Delvis kontroll for andre faktorer: ABS, Cruise control, fører (kjøreerfaring, trøtthet), tomkjøring (ikke vegtype!)</i>	Lavere risiko: -75% (-93; -12) (Uten kontroll: -84 [-95; -52])
Montufar et al., 2007 (USA)	Trekkbil+semitrailer vs. lastebil uten tilhenger	Alle ulykker <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Lavere risiko: -66%
Vierth et al., 2008 (Sverige)	Vogntog vs. lastebil uten tilhenger	Alle ulykker <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Lavere ulykkeskostnader (SEK per kjt.km) ca. -40-60%: » Lastebil uten tilhenger: 1,18 » Vogntog: 0,47-0,67
Wang et al., 1999 (USA)	Vogntog vs. lastebil uten tilhenger	Alle ulykker <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Lavere risiko: -22% Høyere skadekostnader: » Per ulykke: +35% » Per kjt.km: +5%
Williamson et al., 2004 (Australia)	Trekkbil+semitrailer vs. lastebil uten tilhenger	Ulykkesrisiko etter skadegrad <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Høyere risiko: » Dødsulykker: +120% » Personskadeul.: +27% » Materiellskadeul.: +15%

Vogntog vs. lastebil uten tilhenger: Skadegrad

Studie	Tilhengere	Ulykke/skadegrad	Skadegrad i ulykker med vogntog vs. lastebil uten tilhenger
Budd et al., 2021 (Australia)	Vogntog vs. lastebil uten tilhenger (over / under 12 tonn)	Andel drepte/hardt skadde <i>Med kontroll for: Fartsgrense, føreregenskaper ant. involverte i ulykken</i>	Vogntog vs. lastebil: » >12 t: Høyere skadegrad, +18% D/HS » 4,5-12 t: Lavere skadegrad, -16% D/HS » 3,4-4,5 t: Lavere skadegrad, -31% D/HS
Carson, 2007 (USA)	Vogntog vs. lastebil uten tilhenger	Risiko for å bli drept/skadd <i>Delvis kontroll for andre faktorer (ikke vegtype men type last, state, carrier, N of vehicles in crash, fog)</i>	Lavere skadegrad (sign.) (forklaring: manglende kontroll for vegtype)
Chang & Chien, 2013 (Taiwan)	Vogntog vs. lastebil uten tilhenger	Andel drepte/skadde av alle i det tunge kjøretøy. <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Omtrent samme skadegrad (gjelder kun personer i det tunge kjøretøy.)
Chen & Chen, 2011 (USA)	Vogntog vs. lastebil uten tilhenger	Andel drepte/hardt skadde <i>Med kontroll for: Føreregenskaper, tekniske feil, ulykketype, vær/føreforhold</i>	Eneulykker: Høyere skadegrad +12% D/HS Flerpartsulykker: Lavere skadegrad: -27% D/HS
Curnow, 2002 (USA)	Vogntog vs. lastebil uten tilhenger	Andel drepte av alle skadde/drepte <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Høyere skadegrad: Andel drepte +128% (+104; +14) Minst økning ved fgr. 90 km/t (+66% [-43; +99])
Høye, 2010 (Norge)	Vogntog vs. lastebil uten tilhenger (Personskadeulykker, 1998-2005)	Risiko for å bli drept/skadd <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Høyere skadegrad: » Personskade: +12% » Drept: +112%
Islam et al., 2021 (USA)	Vogntog vs. lastebil uten tilhenger	Skadegrad i ulykker i kurver / på rette strekninger <i>Med kontroll for: Fartsgrense, lav ÅDT, føreregenskaper, vær</i>	Lastebil+tilhenger: Mer alvorlige skader, især i kurver Trekkbil+semitrailer: Mindre alvorlige skader i kurver, ingen effekt på rette strekninger
Khorashadi et al., 2005 (USA)	Trekkbil+semitrailer vs. lastebil uten tilhenger	Skadegrad i ulykker: D/HS vs. ikke <i>Med kontroll for: Vegtype og mange andre faktorer</i>	Høyere skadegrad » Landeveg: +26% » By: +700%
Lemp et al., 2011 (USA)	Vogntog vs. lastebil uten tilhenger	Skadegrad <i>Med kontroll for: Vegtype, ulykkessted, veg-/værforhold, andre trafikanter i ulykke, ...</i>	Høyere (ns) skadegrad
Montufar et al., 2007 (USA)	Trekkbil+semitrailer vs. lastebil uten tilhenger	Risiko for å bli drept/skadd <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Høyere skadegrad: » Drept (vs. ikke): +81% » Skadd (vs. ikke): +64%
Uddin & Huyn, 2017 (USA)	Vogntog vs. lastebil uten tilhenger	Skadegrad i ulykker dag/natt i tett-/spredtbygd strøk <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Høyere skadegrad på landeveg om natten Inkonsistente resultater ellers

Studie	Tilhengere	Ulykke/skadegrad	Skadegrad i ulykker med vogntog vs. lastebil uten tilhenger
Wang et al., 1999 (USA)	Vogntog vs. lastebil uten tilhenger	Skadekostnader <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Høyere skadekostnader: » Per ulykke: +35% » Per kjt.km: +5%
Williamson et al., 2004 (Australia)	Trekkbil+semitrailer vs. lastebil uten tilhenger	Risiko for å bli drept/skadd vs. ikke <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Høyere skadegrad: » Drept vs. ikke: +73% » Skadd vs. ikke: +10%
Zaloshnja & Miller, 2004 (USA)	Vogntog vs. lastebil uten tilhenger <i>Skadegrad gjelder alle innblandede</i>	Andel drepte/hardt skadde og skadekostnader per ulykke <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Høyere skadegrad og -kostnader: » %D/HS: +38% » Skadekostnader: +68%
Zhu & Srinivasan, 2011 (USA)	Vogntog vs. lastebil uten tilhenger	Skadegrad <i>Med kontroll for andre faktorer (kjøretøy, fører, ulykke, veg, – eller kun kjøretøyrelaterte)</i>	Høyere skadegrad (ikke kvantifiserbar) Vogntog: Tyngre tilhenger = mer alvorlige ulykker enn lettere tilhenger

Type vogntog: Trekkbil med semitrailer vs. lastebil med tilhenger

Studie	Type vogntog	Ulykke/skadegrad	Risiko/skadegrad med trekkbil+semitrailer vs. andre vogntog
Assum & Sørensen, 2010 (Norge)	Trekkvogn+semitrailer vs. annet vogntog	Eneulykker (mest velt i kurve) <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Overrepresentert i eneulykker: 15 eneul., derav 12 med trekkbil+semi
Campbell et al., 1988 (USA)	Trekkbil+semi vs. lastebil med tilhenger	Dødsulykker <i>Med kontroll for andre faktorer: Veg- og områdetype, dag/natt</i>	Lavere risiko: -13% (-17% uten kontroll)
Chang & Chien, 2013 (Taiwan)	Trekkbil + semitrailer vs. lastebil uten tilhenger	Andel drepte/skadd av alle i det tunge kjt. <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Omtrent samme skadegrad (gjelder kun personer i det tunge kjt.)
Hassal & Thompson, 2016 (Australia)	Trekkbil+semi vs. lastebil med tilhenger	Alle ulykker <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Høyere risiko: +161%
Islam et al., 2021 (USA)	Vogntog (trekkbil+semi, lastebil+henger) vs. lastebil uten tilhenger (ingen direkte sammenligning tekk+semi vs. lastebil+henger mulig) <i>Med kontroll for: Fartsgrense, ÅDT, vær, føreregenskaper</i>	Skadegrad i ulykker i kurver / på rette strekninger <i>Med kontroll for: Fartsgrense, lav ÅDT, føreregenskaper, vær</i>	Lastebil+tilhenger: Mer alvorlige skader, især i kurver Trekkbil+semitrailer: Mindre alvorlige skader i kurver, ingen effekt på rette strekninger <i>Eneulykker, gjelder dermed alle innblandede (selv om det bare er personer i det tunge kjt.)</i>
Zaloshnja & Miller, 2004 (USA)	Trekkbil+semi vs. lastebil med tilhenger	Andel D/HS per ulykke <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Høyere skadegrad: +13% [+5; +22] <i>Gjelder alle innblandede</i>

Type vogntog: Trekkbil uten vs. med semitrailer

Studie	Type vogntog	Ulykke/skadegrad	Risiko/skadegrad med trekkbil alene vs. trekkbil med semitrailer
Blower et al., 1993 (USA)	Trekkbil uten semi vs. annet tungt kjøretøy	Ulykkesrisiko	Langt høyere
Campbell et al., 1988 (USA)	Trekkbil uten semi vs. trekkbil+semi	Dødsulykker <i>Med kontroll for andre faktorer: Veg- og områdetype, dag/natt</i>	Langt høyere: +126%
Carson, 2007 (USA)	Trekkbil alene vs. vogntog	Ulykkesrisiko <i>Delvis kontroll for andre faktorer (ikke vegtype men type last, state, carrier, N of vehicles in crash, fog)</i>	Høyere skadegrad (sign.)
Khorashadi et al., 2005 (USA)	Trekkbil alene vs. lastebil med/uten tilhenger	Skadegrad i ulykker (fører av lastebilen: D/HS vs. ikke)	Høyere skadegrad » Landeveg: +67% » By: +952%
Zaloshnja & Miller, 2004 (USA)	Trekkbil alene vs. trekkbil+semitrailer	Skadegrad og -kostnader <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Lavere skadegrad og -kostnader: » %D/HS: -6% » Skako: -40% <i>Gjelder alle involverte i ulykker med trekkbil uten/med semitrailer</i>

Modulvogntog

Modulvogntog: Studie	Tilhengere	Ulykke/skadegrad	Effekt
Virkninger på ulykkesrisiko – med kontroll for (eller resultater etter) vegtype			
Abdel-Rahim et al., 2006 (USA)	Vogntog med 3 vs. 2 tilhengere	Ulykkesrisiko <i>Uten kontroll for andre faktorer (men resultater etter vegtype)</i>	Etter vegtype » Motorveg: Lavere risiko -22% » Annen veg: Høyere risiko +78%
Abdel-Rahim et al., 2006 (USA)	Vogntog med 2 tilhengere vs. 1 tilhenger	Ulykkesrisiko <i>Uten kontroll for andre faktorer (men resultater etter vegtype)</i>	Høyere risiko » Motorveg: +89% » Annen veg: +107%
Clarke og Wiggers, 1998 (USA); USDOT, 2011 (USA)	Vogntog med flere tilhengere (trekkbil + flere tilhengere/semitrailere) vs. trekkbil + semitrailer	Dødsulykke, risiko <i>Uten kontroll for andre faktorer (men resultater etter vegtype)</i>	Ca. samme risiko: +3% Etter vegtype; spredtbygd: » Motorveg: +14% » Annen hovedveg: +4% » Landeveg: +48% Tettbygd strøk: -2-3% (alle typer veg) Est. effekt på ul.risiko ved same bruksmønster: +11%
Blower et al., 1993 (USA)	Vogntog med flere tilhengere vs. én tilhenger	Ulykkesrisiko (alle veger) <i>Med kontroll for andre faktorer: Vegtype, da/natt</i>	Litt høyere risiko: Personskadeulykker: +9% [-8; +30] (andre faktorer som vegtype har langt større betydning) » Braver et al 97: med kontroll for andre faktorer ingen effekt; men på nonmajor-roads +32% i forhold til 1 tilhenger
Braver et al., 1997 (USA)	Vogntog med flere tilhengere vs. én tilhenger	Ulykkesrisiko (kun motorveg, uten ramper) <i>Med kontroll for andre faktorer, uklart hvilke men kun motorvegulykker</i> <i>Forklaringer på lavere risiko: Større bedrifter og eldre førere; færre trafikkforselser</i>	Uten kontroll » Alle: +3% (-16; +27) » Landeveg: -2% (-32; +41) » By: -20% (-37; +3) (merkwuerdig) Med kontroll: Lavere risiko, alle ul.: -17% (-32; +1) » D/HS: -34% (-42; +7) » Mindre alvorlige: -13% (-30; +8) » Flerpartsulykker: -26% (-44; -6) » Eneulykker: +4 (-26; +41) Forhold hvor overinvolvert: Snø/is (forklaring: handling)
Campbell et al., 1988 (USA)	Vogntog med flere tilhengere vs. én/ingen tilhenger	Ulykkesrisiko (alle veger) <i>Med kontroll for andre faktorer, bl.a. type veg, områdetype, tid på døgnet</i>	Ca. samme risiko: +10% (med kontroll; uten kontroll: -30%)
Forckenbrock & Hanley, 2003 (USA)	Vogntog med flere tilhengere vs. én tilhenger	Dødsulykke, risiko (alle veger) <i>Uten kontroll for andre faktorer (men resultater etter vegtype)</i>	Høyere risiko (mer enn 1 tilhenger) under følgende forhold: » Mørke » Vinterføre (snø, slaps, is) » Flerpartsulykker med minst tre kjt. involvert » Fartsgrense 105 km/t eller høyere
Grislis et al., 2010 (USA)	Vogntog med 2 tilhengere vs. 1 tilhenger	Ulykkesrisiko <i>Uten kontroll for andre faktorer (men resultater etter vegtype)</i>	For motorveg/andre veger: Landveg: Høyere risiko (+22/+34%) By: Lavere risiko (-31/-25%)
Jovanis et al., 1998 (USA)	Vogntog med flere tilhengere vs. trekkbil+semi	Ulykkesrisiko (alle veger) <i>Med kontroll for andre faktorer: Vegtype og trafikkmønster (matched pairs comp.; i tillegg resultater etter vegtype)</i>	Lavere risiko: -18% (-28; -6) » Motorveg: -8% » Landveg: -34% » Lokalveg: -36% » Terminal, rasteplass mv.: -66%

Modulvogntog: Studie	Tilhengere	Ulykke/skadegrad	Effekt												
Sowards et al., 2013 (USA)	Vogntog med flere tilhengere vs. én tilhenger	Dødsulykker (alle veger) <i>Med (og uten) kontroll for andre faktorer: Est. effekt dersom modulvogntog hadde samme kjøremønster som vogntog med 1 tilhenger</i>	Høyere risiko: ca. +15,5% (gjelder 2 hengere; enda høyere risiko med 3 hengere) (uten kontroll for vegtype: +10%)												
USDOT, 2000 (USA) (samme data som Clarke & Wiggers, 1998)	Vogntog med flere tilhengere vs. én tilhenger	Dødsulykker (alle veger) <i>Med kontroll for andre faktorer: Teoretisk effekt ved samme fordeling av kjt.km på vegnett som vogntog med 1 tilhenger</i>	Høyere risiko: +11% (uten kontroll for vegtype: -3%)												
Virkninger på ulykkesrisiko – uten kontroll for vegtype															
Balint et al., 2014 (Sverige)	Vogntog med flere tilhengere vs. én tilhenger	Ulykkesrisiko <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Lavere risiko: » Flere vs. 1 henger: -21% » Flere vs. ingen henger: -68%												
Driscoll, 2013 (Australia)	Trekkebil med flere semitrailere («B-double») vs. andre lastebiler/kombinasjoner	Ulykker per tonnkilometer transportert gods <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Lavere risiko: -61% (24% av ulykkene, 45% av tonnkilometer)												
Hassall, 2018 (Australia)	Vogntog med flere tilhengere vs. én tilhenger	Ulykkesrisiko <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Lavere risiko: -66%												
Jones & Stein, 1989 (USA)	Vogntog med flere tilhengere vs. én/ingen tilhenger	Ulykkesrisiko <i>Delvis kontroll for andre faktorer (induced exposure, trolig sterkt biased ifølge Wåhlberg, 2008)</i>	Høyere risiko, alle ul: +217% (sign.) » Flerpartsulykker: +145% (sign.) » Eneulykker: +376% (sign.)												
Montufar et al., 2007 (USA)	Vogntog med 2 eller 3 tilhengere vs. trekkbil+semitrailer	Ulykkesrisiko <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Ca. samme risiko: +3%												
Wåhlberg 2008 (meta-analyse)	Vogntog med flere tilhengere vs. én tilhenger	Ulykkesrisiko <i>Med / uten kontroll for vegtype</i>	Med kontroll: Lavere risiko (høyere for dødsulykker) » ... (se figur) Uten kontroll: Høyere risiko » ... (se figur) Effekt av lengde Vekt: svakere effekt fra rel. vekt i koll. på 5 Bobtail: «extreme risk»												
<table border="1"> <caption>Relative risk vs. another vehicle (Wåhlberg 2008)</caption> <thead> <tr> <th>Kategori</th> <th>Med kontroll for vegtype</th> <th>Uten kontroll for vegtype</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alle ulykker</td> <td>-0.16</td> <td>0.20</td> </tr> <tr> <td>Personskadeul.</td> <td>-0.14</td> <td>0.18</td> </tr> <tr> <td>Dødsulykker</td> <td>0.11</td> <td>0.22</td> </tr> </tbody> </table>				Kategori	Med kontroll for vegtype	Uten kontroll for vegtype	Alle ulykker	-0.16	0.20	Personskadeul.	-0.14	0.18	Dødsulykker	0.11	0.22
Kategori	Med kontroll for vegtype	Uten kontroll for vegtype													
Alle ulykker	-0.16	0.20													
Personskadeul.	-0.14	0.18													
Dødsulykker	0.11	0.22													
Virkninger på skadegrad															
Khattak et al., 2003 (USA)	Vogntog med flere tilhengere vs. én/ingen tilhenger	Skadegrad i eneulykker <i>Med kontroll for: Merke, modellår, bremsefeil, ...</i>	Høyere (ns) skadegrad												
Lemp et al., 2011 (USA)	Antall tilhengere (numerisk variabel)	Skadegrad <i>Med kontroll for: Vegtype, ulykkessted, veg-/værforhold, andre trafikanter i ulykke, ...</i>	Økende skadegrad med økende antall tilhengere												
Montufar et al., 2007 (USA)	Vogntog med flere tilhengere vs. trekkbil + semitrailer	Skadegrad <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Høyere skadegrad: » Drept (vs. ikke): +47% » Skadd (vs. ikke): +26%												
Zaloshnja & Miller, 2004 (USA)	Vogntog med flere tilhengere vs. én tilhenger	Skadegrad og -kostnader <i>Uten kontroll for andre faktorer</i>	Høyere skadegrad og -kostnader: » %D/HS: +25% » Skako: +22%												

Modul- vs. vanlig vogntog – kortversjon av oversiktstabell

Studie	Ulykker	Veger	Risiko med modulvogntog (vs. vanlig vogntog)
Campbell et al., 1988 (USA)	Alle ulykker	Alle veger	Høyere (ns): +10%
Jovanis et al., 1998 (USA)	Alle ulykker	Alle veger	Lavere : -18% (-28; -6)
Blower et al., 1993 (USA)	Personskadeul.	Alle veger	Høyere (ns): +9% [-8; +30]
Clarke og Wiggers, 1998 (USA) / USDOT, 2000 (USA)	Dødsulykke	Alle veger – samme kjøremønster som vanlig vogntog	Høyere +11%
Sowards et al., 2013 (USA)	Dødsulykker	Alle veger	Høyere risiko: ca. +15,5% (gjelder 2 hengere; enda høyere risiko med 3 hengere)
Abdel-Rahim et al., 2006 (USA)	Alle ulykker	Motorveg	Høyere : +89%
Clarke og Wiggers, 1998 (USA) / USDOT, 2000 (USA)	Dødsulykke	Motorveg (by)	Lavere : -7%
Clarke og Wiggers, 1998 (USA) / USDOT, 2000 (USA)	Dødsulykke	Motorveg (land)	Høyere : +14%
Braver et al., 1997 (USA)	Alle ulykker	Motorveger	Lavere: -17% (-32; +1) » D/HS: -34% (-42; +7) » Mindre alvorlige: -13% (-30; +8) » Flerpartsulykker: -26% (-44; -6) » Eneulykker: +4 (-26; +41)
Jovanis et al., 1998 (USA)	Alle ulykker	Motorveg	Lavere : -8%
Grislis et al., 2010 (USA)	Alle ulykker	Motorveg (land)	Høyere : +22%
Grislis et al., 2010 (USA)	Alle ulykker	Motorveg (by)	Lavere : -31%
Abdel-Rahim et al., 2006 (USA)	Alle ulykker	Annen hovedveg	Høyere : +107%
Clarke og Wiggers, 1998 (USA) / USDOT, 2000 (USA)	Dødsulykke	Annen hovedveg	Ca. samme : +4%
Jovanis et al., 1998 (USA)	Alle ulykker	Landeveg	Lavere : -34%
Grislis et al., 2010 (USA)	Alle ulykker	Landeveg	Høyere : +34%
Blower et al., 1993 (USA)	Personskadeul.	Landeveg	Høyere +32%
Clarke og Wiggers, 1998 (USA) / USDOT, 2000 (USA)	Dødsulykke	Landeveg	Høyere : +48%
Jovanis et al., 1998 (USA)	Alle ulykker	Lokalveg	Lavere : -36%
Grislis et al., 2010 (USA)	Alle ulykker	Tettbygd strøk	Lavere : -25%
Clarke og Wiggers, 1998 (USA) / USDOT, 2000 (USA)	Dødsulykke	Tettbygd strøk	Ca. samme : -2-3%
Jovanis et al., 1998 (USA)	Alle ulykker	Terminal, rasteplass mv.	Lavere : -66%

Totalvekt på lastebiler og vogntog

Studie	Vekt	Ulykke/skadegrad	Effekt av økende/høyere vekt												
Blower et al., 2010 (USA)	Last (over/under 50% av maksimalt tillatt last)	Ulykkesrisiko <i>Uten</i> kontroll for mange andre faktorer	Høyere risiko Større ulykkesøkende effekt av feil på bremses												
Castillo-Manzano et al., 2016 (Spania)	Totalvekt (over/under 5/15 tonn)	Ulykkesrisiko / skadekostnader per kjt.km <i>Med</i> kontroll for en rekke andre faktorer (ikke antall tilhengere)	Lavere risiko; risiko synker med økende vekt Skadegrad: Høyest for middelstunne lastebiler <table border="1"> <tr> <td>Lett (<5 t)</td> <td>Flest ulykker</td> </tr> <tr> <td>Middels (5-15t)</td> <td>Høyeste skadegrad</td> </tr> <tr> <td>Tung (≥15 t)</td> <td>Færrest ulykker, lavest skadegrad</td> </tr> </table>	Lett (<5 t)	Flest ulykker	Middels (5-15t)	Høyeste skadegrad	Tung (≥15 t)	Færrest ulykker, lavest skadegrad						
Lett (<5 t)	Flest ulykker														
Middels (5-15t)	Høyeste skadegrad														
Tung (≥15 t)	Færrest ulykker, lavest skadegrad														
Hertz, 1988 (USA)	Totalvekt > 72000 lbs (33t)	Skadegrad (risiko for føreren for å bli drept i ulykke) <i>Med</i> kontroll for andre faktorer	Høyere skadegrad												
Lemp et al., 2011 (USA)	Totalvekt > 10000 lbs (4,5t)	Skadegrad (dødsulykke) <i>Med</i> kontroll for: <i>Vegtype, antall tilhengere, ulykkessted, veg-/værforhold, andre trafikanter i ulykke, ...</i>	Lavere skadegrad												
Vierth et al., 2008 (Sverige)	Tillatt totalvekt, lastebiler og vogntog	Ulykkeskostnader per kjøretøykilometer <i>Uten</i> kontroll for andre faktorer	Lavere ulykkeskostnader (SEK per kjt.km) med økende vekt for vogntog <table border="1"> <tr> <td></td> <td>SEK per kjt.km</td> </tr> <tr> <td>Lastebil uten tilhenger</td> <td>1,18</td> </tr> <tr> <td>Vogntog</td> <td></td> </tr> <tr> <td>» 34-40 t</td> <td>0,67</td> </tr> <tr> <td>» 40-50 t</td> <td>0,63</td> </tr> <tr> <td>» 50-60 t</td> <td>0,47</td> </tr> </table>		SEK per kjt.km	Lastebil uten tilhenger	1,18	Vogntog		» 34-40 t	0,67	» 40-50 t	0,63	» 50-60 t	0,47
	SEK per kjt.km														
Lastebil uten tilhenger	1,18														
Vogntog															
» 34-40 t	0,67														
» 40-50 t	0,63														
» 50-60 t	0,47														
Zheng et al., 2018 (USA)	Totalvekt > 26000 lbs (11,8t)	Skadegrad <i>Med</i> kontroll for mange andre faktorer	Høyere skadegrad												
Zhu & Srinivasan, 2011 (USA)	Vekt på tilhenger (vogntog med én tilhenger/semitrailer): Over/under 10t og 20t	Skadegrad <i>Med</i> kontroll for andre faktorer (kjøretøy, fører, ulykke, veg, – eller kun kjøretøyrelaterte)	Høyere skadegrad (ikke kvantifiserbar) med økende tilhengervekt												

Overvekt

Studie	Vekt	Ulykke/skadegrad	Effekt av økende/høyere vekt
Xiao et al., 2018 (Kina)	Overvekt	Skadegrad i velteulykker <i>(Kontroll for andre faktorer ukjent)</i>	Høyere skadegrad
Wang & Prato, 2019 (Kina)	Overvekt (75% av lastebilene i studien hadde overvekt)	Skadegrad: Personskade / drept	Økt skadegrad: Personskade (vs. ikke): +3,7%) Drept (vs. ikke): +8,2%.
Lemp et al., 2011 (USA)	Overvekt	Skadegrad <i>Med kontroll for mange andre faktorer: Vegtype, antall tilhengere, ...</i>	Lavere skadegrad (ingen forklaring / diskusjon)

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 90 høyt spesialiserte forskere.

Instituttet driver forskningsformidling gjennom TØI-rapporter, artikler i vitenskapelige tidsskrifter, bøker, seminarer, samt innlegg og intervjuer i media. TØI-rapportene er gratis tilgjengelige på instituttets hjemmeside www.toi.no.

TØI er partner i CIENS Forskningscenter for miljø og samfunn, lokalisert i Forskningsparken nær Universitetet i Oslo (se www.ciens.no). Instituttet deltar aktivt i internasjonalt forskningssamarbeid, 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, ITS, offentlige beslutningsprosesser, næringslivets transportbehov 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.

Postadresse:

Transportøkonomisk institutt
Gautstadalléen 21
0349 Oslo
Norge

E-post: toi@toi.no

Kontoradresse:

Forskningsparken
Gautstadalléen 21

Hjemmeside: www.toi.no

