



Transportøkonomisk institutt
Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

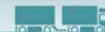
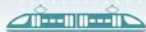


Hvordan påvirker førerstøttesystemene ulykkesrisikoen?

Litteraturstudie

Alena Katharina Høye, Vibeke Milch, Lars Even Egner

1995/2023



Tittel:	Hvordan påvirker førerstøttesystemene ulykkesrisikoen? - Litteraturstudie
Tittel engelsk:	Driver assistance systems and accident risk - Literature review
Forfatter:	Alena Katharina Høye, Vibeke Milch, Lars Even Egner
Dato:	11.2023
TØI-rapport:	1995/2023
Antall sider:	89
ISSN elektronisk:	2535-5104
ISBN elektronisk:	978-82-480-2062-5
Oppdragsgivers p.nr.:	23/80029
Finansieringskilder:	Statens vegvesen
TØIs p.nr.:	5389 – Førerstøttesystemer og ulykkesrisiko
Prosjektleder:	Alena Katharina Høye
Kvalitetsansvarlig:	Ingeborg S. Hesjevoll
Fagfelt:	Sikkerhet og resiliens
Emneord:	Førerstøttesystemer, ulykker, risiko, føreratferd, distraksjon, vegoppmerking

Kort sammendrag

Blant førerstøttesystemene som er på markedet i dag, er det mange som allerede har stor utbredelse og som i empiriske studier har vist seg å redusere ulykkesrisikoen. Økende utbredelse av førerstøttesystemene kan derfor forventes å forbedre trafiksikkerheten. Noen førerstøttesystemer kan imidlertid også ha uheldige virkninger på føreratferd. Bl.a. kan førerne ha overdreven tillit til systemene og bli mer uoppmerksomme eller koble seg helt ut fra bilkjøringen. Systemene kan også i seg selv være distraherende. Slike effekter kan forventes å være større, jo mer førere blir avlastet fra grunnleggende kjøreoppgaver som å holde fart og sideplassering. Den samlede effekten av at stadig flere biler har stadig mer avanserte førerstøttesystemer, vil derfor trolig være mindre enn man kunne forvente ut fra hvordan de enkelte systemene virker.

Summary

Among the driver support systems that are on the market today, many are already widely used and were found in empirical studies to reduce the accident risk. Increasing uptake of driver support systems can therefore be expected to improve road safety. However, some systems may adversely affect driver behavior. For example, drivers may rely too much on the systems, and they may become more inattentive or disengage from driving altogether. The systems themselves can also be distracting. Such effects can be expected to be strongest when drivers are relieved of basic driving tasks such as keeping speed and lateral positioning. The overall effect of more and more cars having increasingly advanced driver assistance systems will therefore probably be less than one might expect based on how the individual systems work.

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

Formålet med denne rapporten er å lage en oppdatert oppsummering av kunnskap om førerstøttesystemer som har som formål å forbedre trafikksikkerheten. Bakgrunnen er at man har store forventninger til at førerstøttesystemer reduserer ulykkesrisikoen og at trafikksikkerhetsarbeidet i Norge tar utgangspunkt i nullvisjonen som sier at det ikke skal være drepte eller hardt skadde i vegtrafikken.

Rapporten er i hovedsak basert på litteraturstudier og informasjon som er samlet inn fra bilprodu-senters websider og internett for øvrig.

Alena Katharina Høye har vært hovedansvarlig på prosjektet, og stått for det meste av rapportskriv-ingen. Vibeke Milch har bidratt til beskrivelsen av systemene og gjennomgang av føreratferdsstudier. Lars Even Egner har vært ansvarlig for kapitlet om føreratferd. Ingeborg S. Hesjevoll har vært ansvarlig for den interne kvalitetssikringen.

Rapporten er skrevet på oppdrag av Statens vegvesen. Kontaktpersoner i Statens vegvesen var Marit Moss-Iversen og Anne-Mette Bjerkan.

Trude Kvalsvik har tilrettelagt rapporten for publisering.

Oslo, november 2023
Transportøkonomisk institutt

Bjørne Grimsrud
Administrerende direktør

Trine Dale
Avdelingsleder



Innhold

Sammendrag

Summary

1	Innledning	1
2	Metode	2
2.1	Litteraturstudie: Virkninger på ulykker og atferd	2
2.2	Informasjon om førerstøttesystemer og eksempler.....	5
2.3	Regulering	5
2.4	Utbredelse av førerstøttesystemet.....	6
3	Førerstøttesystemer og førerrollen	8
3.1	Affordances	8
3.2	Brukerfeil og støtte	9
3.3	Atferdstilpasning og automation complacency	10
3.4	Overganger	10
4	Førerstøttesystemer og trafiksikkerhet	12
4.1	Elektronisk stabilitetskontroll (ESC)	13
4.2	Adaptive Cruise Control (ACC)	15
4.3	Kollisjonsvarsling (FCW) og automatisk nødbrems (AEB)	19
4.4	Varsling for myke trafikanter	26
4.5	Nødbremseassistent (EBA)	28
4.6	Intelligent fartstilpasning (ISA).....	30
4.7	Feltskiftevarsler (LDW), kjørefeltassistent (LKA) og kjørefeltholder (ELK)	33
4.8	Blindsonevarsler.....	39
4.9	Dørvarsling	41
4.10	Ryggekamera og parkeringsassistent	42
4.11	Trøtthets- og distraksjonsvarsling.....	45
4.12	Kombinerte systemer (delvis automatisering).....	46
5	Feltskiftevarsler, vegoppmerking og andre vegegenskaper	49
5.1	Tekniske forutsetninger	49
5.2	Virkninger på ulykker: Ulike virkninger av LDW/LKA på ulike typer veg?.....	54
5.3	Virkninger på føreratferd: Ulike virkninger av feltskiftevarsler (LDW) på ulike typer veg?	56
6	Diskusjon: Førerstøttesystemers betydning for trafiksikkerhet	58
	Referanser	61
	Vedlegg	72
Vedlegg 1.	Forkortelser	72
Vedlegg 2.	Påbudte førerstøttesystemer	73
Vedlegg 3.	Eksempler på utvalgte førerstøttesystemer.....	74
Vedlegg 4.	LDW og vegens beskaffenhet: Studier	88

Hvordan påvirker førerstøttesystemene ulykkesrisikoen?

Litteraturstudie

TØI rapport 1995/2023 • Forfattere: Alena Katharina Høye, Vibeke Milch, Lars Even Egener • Oslo 2023 • 89 sider

Blant førerstøttesystemene som er på markedet i dag, er det mange som allerede har stor utbredelse og som i empiriske studier har vist seg å redusere ulykkesrisikoen. Økende utbredelse av førerstøttesystemene kan derfor forventes å forbedre trafikksikkerheten. Noen førerstøttesystemer kan imidlertid også ha uheldige virkninger på føreratferd. Bl.a. kan førerne ha overdreven tillit til systemene og bli mer uoppmerksomme eller koble seg helt ut fra bilkjøringen. Systemene kan også i seg selv være distraherende. Slike effekter kan forventes å være større, jo mer førere blir avlastet fra grunnleggende kjøreoppgaver som å holde fart og sideplassering. Den samlede effekten av at stadig flere biler har stadig mer avanserte førerstøttesystemer, vil derfor trolig være mindre enn man kunne forvente ut fra hvordan de enkelte systemene virker.

Denne rapporten oppsummerer kunnskap om førerstøttesystemer for personbiler som skal forbedre trafikksikkerheten og som allerede finnes på markedet i dag:

- Hvor utbredt er systemene i Norge?
- Hvordan påvirker systemene ulykkesinnblandingen og føreratferd?
- Hvordan påvirker vegens beskaffenhet, især kvaliteten på vegoppmerkingen, effekten av filholdersystemer?

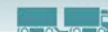
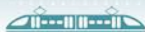
Tabell S.1 viser førerstøttesystemene som er beskrevet i rapporten. Systemene er sortert etter hvordan de støtter føreren (ved regulering av stabilitet, langsgående regulering mv.). Tabellen oppgir også for hvert system, om det er et nødsystem som kun blir aktivt i spesifikke situasjoner for å unngå en kollisjon, om det varsler føreren i kritiske situasjoner eller om det er et komfortsystem som avlastar føreren fra generelle kjøreoppgaver som å holde bilen i kjørefeltet.

Tabell S.1: Førerstøttesystemene som er beskrevet i denne rapporten

System	Type system	Beskrivelse
Stabilitet		
ESC: Elektronisk stabilitetskontroll	Nødsystem	Reduserer risiko for å miste kontroll over bilen
Langsgående: Fart, nedbremsing		
ACC: Adaptive Cruise Control	Komfort	Holder ønsket fart og avstand til forankjørende
FCW: Kollisjonsvarsling	Varslende	Varsler ved nært forestående kollisjon med bil eller objekt foran bilen
AEB: Automatisk nødbrems	Nødsystem	Bremser bilen ved nært forestående kollisjon
Varsling for myke trafikanter	Varslende / nødsystem	Varsler / bremser ved nært forestående kollisjon med fotgjenger/syklist
Nødbremseassistent		
ISA: Intelligent fartstilpasning	Varslende / komfort	Varsler ved / forhindrer kjøring over fartsgrensen
Sideveis: Sideplassering, styring		
LDW: Feltskiftevarsler	Varslende	Varsler når bilen utilsiktet forlater kjørefeltet
LKA: Kjørefeltassistent	Komfort	Hjelper føreren holde bilen i kjørefeltet
ELK: Kjørefeltholder	Nødsystem / komfort	Som over med sterkere styringsinput
Blindsonerevarsler	Varslende	Varsler ved kjørefeltskifte når noe er i bilens blindsoner
Dørvarsling	Varslende (ev. nødsystem)	Varsler (ev. forhindrer at døren åpnes) når en syklist ellers ville kjørt inn i bildøren ved åpning
Baklengs: Rygging		
Ryggekamera / parkeringsassistent	Varslende / komfort	Varsler om kollisjonsfare ved rygging
Annet		
Trøtthets- / distraksjonsvarsling	Varslende	Varsler ved tegn på trøtthet eller distraksjon
Kombinerte systemer	Varslende / komfort	Hjelper ved / tar over regulering av fart og sideplassering

Utbredelse av førerstøttesystemer i Norge

Tabell S.2 gir en oversikt over den antatte utbredelsen av systemene i Norge. Noen av systemene er obligatoriske på alle nye biler, og for disse viser tabellen også fra hvilket år de er obligatoriske. Systemene som er obligatoriske fra 2022/2024 er obligatoriske for typegodkjenning av nye kjøretøy fra 2022, og fra 2024 må alle nye kjøretøy som selges i Norge ha systemene.



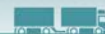
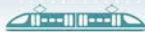
Tabell S.2: Utbredelse av førerstøttesystemene i Norge på nye personbiler og fra hvilke år systemene er obligatoriske på nye biler.

System	Utbredelse i 2023 ^b	Obligatorisk i Norge fra
Stabilitet		
ESC: Elektronisk stabilitetskontroll	100%	2014 (personbiler)
Langsgående: Fart, nedbremsing		
ACC: Adaptive Cruise Control	Ca. 60 %	Ikke obligatorisk
FCW: Kollisjonsvarsling	Opptil 75 %	Ikke obligatorisk
AEB: Automatisk nødbrems	50-80 %	2022/2024 (personbiler) 2013 (tunge kjøretøy)
Varsling for myke trafikanter	Opptil 80 %	2022/2024 (tunge kjøretøy)
Nødbremseassistent	100 %	2011 (alle kjøretøy)
ISA: Intelligent fartstilpasning	Ca. 50 %	2022/2024 (alle kjøretøy; gjelder varslende ISA)
Sideveis: Sideplassering, styring		
LDW: Feltskiftevarsler	Opptil 60 %	2015 (tunge kjøretøy)
LKA: Kjørefeltassistent	Opptil 40 %	Ikke obligatorisk
ELK: Kjørefeltholder	Opptil 20 %	2022/2024 (personbiler)
Blindsonerevarsler	Opptil 40 %	Ikke obligatorisk
Dørvarsling	Ukjent	Ikke obligatorisk
Baklengs: Rygging		
Ryggekamera / parkeringsassistent	Opptil 65 %	2022/2024 (alle kjøretøy)
Annet		
Trøtthets- / distraksjonsvarsling	Ukjent	2022/2024 (alle kjøretøy)
Kombinerte systemer	Ukjent	Ikke obligatorisk

^b Omtrentlige anslag; gjelder andel av nye personbiler i Norge i 2023; «Opptil X%» betyr at den oppgitte andelen av nye biler har systemet enten som standard eller opsjon; i praksis vil ikke alle disse bilene faktisk selges med systemet.

Virkninger på ulykkesinnblanding og føreratferd

Tabell S.3 gir en oversikt over hvordan de enkelte systemene påvirker ulykkesinnblanding og føreratferd. Resultatene er basert på litteraturgjennomgang. Virkningene på ulykkesinnblanding er oppgitt for de ulykkene systemene er ment å forhindre; f.eks. skal ACC i hovedsak forhindre ulykker med påkjøring bakfra.



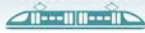
Tabell S.3: Førerstøttesystemenes virkning på ulykkesinnblanding og føreratferd.

System	Virkning på ulykker ^a	Virkning på føreratferd
ESC: Elektronisk stabilitetskontroll	Utforkjøring/velt: <u>Reduksjon</u>	<u>Liten</u> eller ingen effekt
ACC: Adaptive Cruise Control	Påkjøring bakfra: <u>Ukjent</u> (<u>reduksjon i kombinasjon med kollisjonsvarsling</u>)	<u>Negativ</u> ; mer distraksjon / uoppmerksomhet og sekundæroppgaver, lengre reaksjonstider
FCW: Kollisjonsvarsling AEB: Automatisk nødbrems	Påkjøring bakfra: <u>Reduksjon</u>	Ukjent
Varsling for myke trafikanter	Fotgjengerulykker: <u>Reduksjon</u> Sykkelykker: <u>Ingen effekt</u> (kun én studie)	Ukjent, muligens <u>negativ</u> (overdreven tillit)
Nødbremseassistent	Kollisjoner: <u>Ev. liten reduksjon</u> (få og svake studier)	Trolig <u>ingen</u> effekt
ISA: Intelligent fartstilpasning	Alle ulykker: <u>Trolig reduksjon</u> (ut fra sammenhengen fart-ulykker)	Både <u>positiv</u> (færre overtredelser av fartsgrensen) og <u>negativ</u> (mer distraksjon; økt fart når systemet er inaktiv; ev. overdreven tillit)
LDW: Feltskiftevarsler LKA: Kjørefeltassistent	Utforkjøring/møte: <u>Reduksjon</u> (usikkert: ingen effekt på det totale antall ulykker)	Både <u>positiv</u> (bedre sideplassering og bruk av blinklys) og <u>negativ</u> (mer distraksjon og uoppmerksomhet)
ELK: Kjørefeltholder	Utforkjøring/møte: <u>Ukjent</u>	Ukjent
Blindsonerevarsler	Relevante ulykker: <u>Reduksjon</u>	Ukjent
Dørvarsling	Sykkel-dør-kollisjoner: <u>Ukjent</u>	Ukjent
Ryggekamera / parkeringsassistent	Ryggeulykker: <u>Reduksjon; økning på lastebiler</u>	Brukes relativt lite; <u>negativ</u> effekt på lastebiler (overdreven tillit)
Trøtthets- / distraksjonsvarsling	Alle ulykkestyper: <u>Ukjent</u>	Ukjent
Kombinerte systemer	Alle ulykkestyper: <u>Ukjent</u>	Trolig <u>negativ</u> ; mer distraksjon / uoppmerksomhet, ofte overdreven tillit, mulig forvirring rundt aktuell status

^a Virkninger på ulykker som systemene er ment å forhindre

For de fleste førerstøttesystemer er det dokumentert at de reduserer risikoen for spesifikke ulykkestyper:

- **Stabilitet:** Elektronisk stabilitetskontroll (ESC) reduserer risikoen i situasjoner hvor føreren mister kontrollen for eksempel på grunn av for høy fart i kurver.
- **Langsgående regulering (fart og nedbremsing):** Adaptiv Cruise Control, (ACC) og intelligent fartstilpasning, (ISA) kan hjelpe føreren i å holde riktig fart. Frontkollisjonsvarsling (FCW), automatisk nødbrems (AEB) og varsling for myke trafikanter kan varsle føreren eller bremser ned bilen når dette er nødvendig.
- **Sideveis (styring):** Feltskiftevarsler (LDW), kjørefeltassistent (LKA) og kjørefeltholder (ELK) kan hjelpe føreren med å holde bilen innenfor kjørefeltet. Blindsonerevarsling og dørvarsling kan hjelpe føreren unngå konflikter med trafikk ved siden av bilen.



- **Baklengs:** Ulike typer rygge- og parkeringsassistenter kan hjelpe føreren å unngå påkjørsler under rygging eller de kan på egen hånd parkere bilen.
- **Andre systemer:** Ulike typer trøtthets- og distraksjonsvarsling kan varsle føreren når systemet oppdager tegn på trøtthet eller distraksjon. Systemer som gir langsgående eller sideveis førerstøtte, har også ofte mekanismer som skal sikre at føreren opprettholder oppmerksomheten (eller i det minste hendene på rattet).

Det finnes altså få situasjoner hvor ingen førerstøttesystemer kan hjelpe føreren. Summerer man virkningene av alle de ulike systemene, kunne man forvente store reduksjoner av det totale antall ulykker. Et slikt regnestykke går imidlertid ikke opp. Dette viser studier som har undersøkt virkninger på føreratferd og studier av kombinerte systemer og såkalte selvkjørende biler.

Mulige grunner til at virkningen av førerstøttesystemer kan være mindre enn forventet, enten for enkelte systemer eller for kombinasjoner av systemer, er:

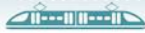
- Virkningen på ulykker av enkelte systemer kan potensielt være overestimert. Det kan også være publikasjonsskjevhet, dvs. at resultater som ikke viser positive effekter, i mindre grad blir publisert enn resultater som viser positive effekter.
- Førerstøttesystemer kan ha utilsiktede virkninger på føreratferd som f.eks. at førere retter oppmerksomheten på andre ting og at de i mindre grad følger med i trafikken; slike effekter kan oppstå bl.a. når førere har overdreven tillit til systemene eller tror at systemene fratrar dem ansvaret for bilkjøringen.
- Førerstøttesystemer kan påvirke interaksjoner med andre trafikanter.
- Førerstøttesystemene kan i seg selv ha noen uheldige effekter som f.eks. distraksjon; dette gjelder spesielt ved komfortsystemer og kombinerte systemer, samt ved systemer som tiltrekker seg oppmerksomhet, f.eks. ved at de (ofte) varsler med lyd eller er vanskelige å forstå.
- Førerne forstår ikke alltid hvordan førerstøttesystemer virker og de kan ha feilaktige forventninger til når og hvordan systemene kan hjelpe dem; de kan også ha problemer med å skjønne innstillingsmuligheter eller betydningen av ulike varsler, symboler og beskjeder.
- Førerstøttesystemer kan skape konfliktsituasjoner som ikke hadde oppstått uten systemene, for eksempel hvis bilen ikke oppdager hindre eller føreren ikke reagerer hensiktsmessig på varsler.

For å oppsummere er det ikke mulig å forutsi hvordan økende utbredelse av ulike typer førerstøttesystemer, eller økende automatisering generelt, vil påvirke ulykkesrisikoen. Dette gjelder også økende automatisering av kjøreoppgaven mer generelt. Førerstøttesystemer og økende automatisering kan fjerne noen faktorer som bidrar til ulykker, men det kan også føre til nye problemer som kan bidra til konflikter og ulykker som ikke hadde skjedd uten automatisering og førerstøttesystemene.

Virkinger av feltskiftevarsler, vegens tilstand og vegoppmerking

Dagens feltskiftevarslere (LDW) og lignende systemer (kjørefeltassistent, kjørefeltholder) fungerer kun på vegger med langsgående oppmerking av kjørefelt. Forhold hvor slike systemer fungerer dårlig eller ikke i det hele tatt er:

- **Manglende, dårlig eller tildekket vegoppmerking:** Uten god nok tosidig vegoppmerking (både kant- og midtoppmerking) fungerer LDW mv. som regel ikke. Systemene kan ha problemer med å oppdage vegoppmerking når den har dårlig kontrast eller synbar-



het i mørket, når den er dekket av snø eller is og under vanskelige lys- og siktforhold, især skygger, mørke og regnvær. Det forskes imidlertid på ulike teknologier som kan gjøre LDW uavhengig av kvaliteten på vegoppmerkingen.

- **Smale kjørefelt:** LDW mv. fungerer ofte dårlig eller ikke i det hele tatt på veier med veldig smale kjørefelt. LDW kan også varsle unødvendig mye på smale veier. Den minste vegbredden for at LDW skal kunne fungere som den skal, er på rundt 2,75 meter. LDW på lastebiler krever langt større vegbredder, minst 3,5 meter på rette strekninger.
- **Veldig brede veier:** LDW kan fungere dårlig på veldig brede veier, men vi har ikke grunnlag for å oppgi en maksimumsbredde.
- **Krappe kurver:** LDW mv. fungerer ofte dårlig i krappe kurver, især når vegen er smal. Dette er et større problem for lastebiler enn for personbiler. LDW vil imidlertid ofte være inaktiv i krappe kurver.

De fleste ulykkene som potensielt kan forhindres av feltskiftevarsler og lignende systemer, dvs. møte og utforkjøringsulykker, skjer på fylkesveier med fartsgrense 80 km/t. For at LDW skal ha en effekt på ulykker, må vegene ha god nok langsgående kant- og midtoppmerking, og virkningen vil være størst på rette strekninger utenfor kryss og på strekninger hvor fartsnivået er over 60-70 km/t.

På veier hvor disse systemene ikke virker, kan de ha uheldige effekter på føreratferd. Bl.a. kan førere miste oversikten over når systemet er aktivt og ikke, slik at det kan oppstå situasjoner hvor de antar at systemet vil hjelpe dem med å holde bilen i kjørefeltet, mens systemet i realiteten er inaktiv eller avslått.

Driver assistance systems and accident risk

Literature review

TØI Report 1995/2023 • Authors: Alena Katharina Høye, Vibeke Milch, Lars Even Egner • Oslo 2023 • 89 pages

Among the driver support systems that are on the market today, many are already widely used and were found in empirical studies to reduce the accident risk. Increasing uptake of driver support systems can therefore be expected to improve road safety. However, some systems may adversely affect driver behavior. For example, drivers may rely too much on the systems, and they may become more inattentive or disengage from driving altogether. The systems themselves can also be distracting. Such effects can be expected to be strongest when drivers are relieved of basic driving tasks such as keeping speed and lateral positioning. The overall effect of more and more cars having increasingly advanced driver assistance systems will therefore probably be less than one might expect based on how the individual systems work.

This report summarizes knowledge about driver support systems for passenger cars that are intended to improve traffic safety and that are already on the market today:

- How widespread are the systems in Norway?
- How do the systems affect accidents and driver behavior?
- How do road characteristics, especially road markings, affect the effect of lane keeping systems?

Table S.1 gives an overview of the driver support systems described in the report. The systems are sorted according to how they support the driver, i.e. by regulating stability, longitudinal regulation, etc. The table also states, for each system, whether it is an **emergency** system that only becomes active in specific situations to avoid a collision, whether it **alerts** the driver in critical situations or whether it is a **comfort** system that relieves the driver of general driving tasks such as keeping the car in the lane.

Table S.1: Driver support systems described in this report.

System	Type of system	Description
Stability		
ESC: Electronic Stability Control	Emergency	Reduces the risk of loss of control
Longitudinal control: Speed, deceleration		
ACC: Adaptive Cruise Control	Comfort	Maintains speed and distance to the driver in front
FCW: Forward Collision Warning	Warning	Alerts in the event of an imminent collision with a car or an object in front of the car
AEB: Automatic emergency braking	Emergency	Brakes the car in the event of an imminent collision
Warning for vulnerable road users	Warning / emergency system	Alerts the driver / brakes in the event of an imminent collision with a pedestrian or cyclist
Emergency brake assistant	Emergency	Increases braking power during emergency braking
ISA: Intelligent Speed Adaptation	Warning / Comfort	Alerts the driver / prevents driving over the speed limit
Lateral control: Lateral positioning, steering		
LDW: Lane Departure Warning	Warning	Alerts the driver when the car unintentionally leaves the lane
LKA: Lane Keeping Assistant	Comfort	Helps the driver keep the car in the lane
ELK: Emergency Lane Keeping	Emergency / comfort	As above with stronger steering input
Blind spot warning	Warning	Alerts the driver when changing lanes when something is in the car's blind spot
Door alert	Warning (possibly emergency)	Alerts (possibly prevents the door from opening) when a cyclist would otherwise drive into the car door when opening
Backwards: Reversing		
Reversing camera / parking assistant	Warning / comfort	Provides information / alerts the driver about collision risk when backing
Other		
Fatigue / distraction alert	Warning	Alerts the driver in case of fatigue or distraction
Combined systems	Warning / comfort	Helps with / takes over regulation of speed and lateral positioning

Uptake of driver assistance systems in Norway

Table S.2 gives an overview of the assumed uptake of driver assistance systems in Norway. For those systems that are mandatory on all new cars, the table also shows from which year they are mandatory. Systems that are mandatory from 2022/2024 are mandatory for type approval of new vehicles from 2022, and from 2024 all new vehicles sold in Norway must have the systems.

Table S.2: Uptake of driver assistance systems in Norway on new passenger cars and from which years the systems are mandatory on new cars.

System	Uptake in 2023 ^b	Mandatory in Norway from
Stabilitet		
ESC: Electronic Stability Control	100%	2014 (passenger cars)
Longitudinal control: Speed, deceleration		
ACC: Adaptive Cruise Control	About. 60%	Not mandatory
FCW: Forward Collision Warning	Up to 75%	Not mandatory
AEB: Automatic emergency braking	50-80%	2022/2024 (passenger cars) 2013 (heavy vehicles)
Warning for vulnerable road users	Up to 80%	2022/2024 (heavy vehicles)
Emergency brake assistant	100%	2011 (all vehicles)
ISA: Intelligent Speed Adaptation	About. 50%	2022/2024 (all vehicles; applies to warning ISA)
Lateral control: Lateral positioning, steering		
LDW: Lane Departure Warning	Up to 60%	2015 (heavy vehicles)
LKA: Lane Keeping Assistant	Up to 40%	Not obligatory
ELK: Emergency Lane Keeping	Up to 20%	2022/2024 (passenger cars)
Blind spot warning	Up to 40%	Not mandatory
Door alert	Unknown	Not mandatory
Backwards: Reversing		
Reversing camera / parking assistant	Up to 65%	2022/2024 (all vehicles)
Other		
Fatigue / distraction alert	Unknown	2022/2024 (all vehicles)
Combined systems	Unknown	Not mandatory

^b Approximate estimates; applies to the share of new passenger cars in Norway in 2023; "Up to X %" means that the specified proportion of new cars have the system either as standard or as an option; in practice, not all of these cars will actually be sold with the system.

Effects on crash involvement and driver behavior

Table S.3 gives an overview of how the individual systems affect accident involvement and driver behavior. The results are based on literature reviews. The effects on accident involvement are stated for those accidents the systems are intended to prevent; e.g. ACC is primarily intended to prevent rear-end collision accidents.

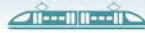
Table S.3: The impact of driver support systems on accident involvement and driver behavior.

System	Effect on accidents ^a	Effect on driver behaviour
ESC: Electronic stability control	Run-off-road/rollover: <u>Reduced</u>	<u>Little</u> or no effect
ACC: Adaptive Cruise Control	Rear end collisions: <u>Unknown</u> (reduced in combination with FCW)	<u>Negative</u> ; more distraction / inattention and secondary tasks, longer reaction times
FCW: Forward Collision Warning AEB: Automatic Emergency Braking	Rear end collisions: <u>Reduced</u>	Unknown
Warning for vulnerable road users	Pedestrian accidents: <u>Reduced</u> Bicycle accidents: <u>No effect</u> (only one study)	Unknown, possibly <u>negative</u> (overconfidence)
Emergency brake assistant	Collisions: Possible small <u>reduction</u>	Probably <u>no effect</u>
ISA: Intelligent Speed Adaptation	All accidents: <u>Probably reduced</u> (from the context of speed accidents)	Both <u>positive</u> (fewer violations of the speed limit) and <u>negative</u> (more distraction; increased speed when the system is inactive)
LDW: Lane Departure Warning LKA: Lane Keeping Assistant	Run-off-road/head-on: <u>Reduced</u>	Both <u>positive</u> (better lateral positioning and use of turn signals) and <u>negative</u> (more distraction and inattention)
ELK: Emergency Lane Keeping	Run-off-road/head-on: <u>Unknown</u>	Unknown
Blind spot warning	Relevant accidents: <u>Reduced</u>	Unknown
Door alert	Bicycle-door collisions: <u>Unknown</u>	Unknown
Reversing camera / parking assistant	Reversing accidents: <u>Reduced</u>; <u>increased</u> on trucks	Used relatively little; <u>negative effect</u> on trucks (overconfidence)
Fatigue / distraction alert	All accidents: <u>Unknown</u>	Unknown
Combined systems	All accidents: <u>Unknown</u>	Probably <u>negative</u> ; more distraction / inattention, often excessive confidence, possible confusion about current status

^a Effects on accidents that the systems are intended to prevent

For most driver assistance systems, empirical studies show that they reduce the risk of specific types of accidents in many common driving situations:

- **Stability:** ESC reduces loss-of-control crashes, for example crashes that are due to excessive speed in curves.
- **Longitudinal control (speed and braking):** Several systems can support the driver in maintaining a desired speed and headways (ACC, ISA) and warn the driver or slow down the car when this is necessary (FCW, AEB, Vulnerable road user warning, emergency brake assistant).
- **Lateral control (steering):** Several systems support lane keeping (LDW, LKA, ELK). Other systems can help the driver avoid conflicts with traffic next to the car (blind spot warning, door warning).



- **Reversing:** Different types of reversing and parking assistants can help the driver avoid collisions while reversing or they can park the car on their own.
- **Other systems:** Different types of fatigue and distraction warning systems can alert the driver when the system detects signs of fatigue or distraction. Systems that provide longitudinal or lateral driver support often have mechanisms to ensure that the driver keeps attentive (or at least his hands on the wheel).

If the effects of all driver assistant systems added up, one might expect large reductions in the total number of accidents. However, one cannot expect the effects of all systems to add up. This is shown by studies that have investigated effects on driver behavior and studies of combined systems and so-called self-driving cars.

Possible reasons why the impact of driver assistance systems may be less than expected, either for individual systems or for combinations of systems, are:

- The effects on accidents may be overestimated
- There may be unintended effects on driver behavior, for example drivers may direct their attention to other tasks, and they may be generally less attentive
- Driver assistance systems may affect interactions with other road users
- Driver assistance systems may in themselves have adverse effects such as e.g. distraction; this applies specifically to comfort systems and combined systems
- Driver assistance systems may contribute to conflicts that would not have occurred without the systems, for example if the car does not detect obstacles or the driver does not react appropriately to a warning.

To summarize, it is not possible to predict how the increasing uptake of driver assistance systems, or increasing automation in general, will affect accident risk. This also applies to increasing automation of the driving task in general. Driver assistance systems and increasing automation may remove some factors that contribute to accidents, but they may create new problems that contribute to conflicts and accidents that would not have occurred without automation and the driver assistance systems.

Lane departure warning, road markings and other road characteristics

Today's lane departure warning systems (LDW) and similar systems (LKA, ELK) work only on roads with longitudinal lane markings. Circumstances where such systems work poorly or not at all are:

- **Missing, poor or invisible road markings:** Without good enough lane markings (both edge and center lines), LDW etc. will usually not work. The systems may have problems detecting lane lines when these have poor contrast or retroreflectivity, or when they are covered by snow or ice. Lane markings can also be difficult to detect under adverse light and visibility conditions, especially shadows, darkness and rain. However, technologies are under development that can make LDW independent of the quality of the road markings.
- **Narrow lanes:** LDW etc. often work poorly or not at all on roads with very narrow lanes. LDW can also warn unnecessarily often on narrow roads. The minimum road width for LDW to function properly is around 2.75 meters. LDW on trucks requires much wider lanes, at least 3.5 meters on straight sections.
- **Very wide roads:** LDW may not work well on very wide roads, but we have no basis for specifying a maximum width.



- **Sharp curves:** LDW etc. often works poorly on sharp curves, especially when the road is narrow. This is a bigger problem for trucks than for cars. However, LDW will often be inactive in narrow curves.

In Norway, most accidents that may potentially be prevented by LDW and similar systems, i.e. run-off-road and head-on collisions, happen on country roads (“Fylkesveger”) with a speed limit of 80 km/h. In order to be effective, the roads must have good enough longitudinal edge and center markings. The effect will be greatest on straight stretches outside intersections and on stretches where the speed level is above 60-70 km/h.

On roads where such systems do not work, they can have adverse effects on driver behavior. Amongst other things, drivers may lose track of when the system is active and when it is not, so that situations can arise where they assume that the system will help them keep the car in the lane, while in reality the system is inactive or switched off.

1 Innledning

Trafikksikkerhetsarbeidet i Norge tar utgangspunkt i nullvisjonen som sier at det ikke skal være drepte eller hardt skadde i vegtrafikken. Nasjonal transportplan 2018–2029 (Meld. St. 33, 2016–2017) har fastsatt som etappemål at det innen 2030 ikke skal være mer enn 350 drepte og hardt skadde i vegtrafikkulykker per år, og at ingen skal omkomme i trafikken i 2050.

Ulykkesanalyser viser at førerens handlinger er en medvirkende faktor i de fleste ulykker. Det er derfor store forventninger til at førerstøttesystemer reduserer ulykkesrisikoen.

Nyere biler har i gjennomsnitt lavere ulykkesrisiko enn eldre biler (Høye, 2017). Dette kan delvis forklares med forbedret kollisjonssikkerhet, men økt utbredelse av førerstøttesystemer bidrar trolig også. Tidligere studier fra Norge har vist at sikrere personbiler har bidratt til omtrent 17 prosent av nedgangen i antall drepte og hardt skadde fra 2000 til 2019 (Elvik & Høye, 2021).

Denne rapporten gir en oppdatert oppsummering av kunnskap om førerstøttesystemer som skal forbedre trafikksikkerheten. Det er fem hovedspørsmål som besvares:

- Hva er hovedformålet for hvert enkelt system?
- Hvordan påvirker systemene ulykkesinnblandingen?
- Hvordan påvirker systemene førerrollen og føreratferd, inklusive eventuelle utilsiktede effekter?
- Hvor utbredt er systemene i Norge?
- Hvordan påvirker vegens tilstand, især kvaliteten på vegoppmerkingen, effekten av filholder-systemer?

Førerstøttesystemer som inngår i studien, er i hovedsak systemer for personbiler som allerede finnes på markedet. Førerstøttesystemer for motorsykler (som f.eks. blokkeringsfrie bremses og launch control) er ikke tatt med. Vi har heller ikke tatt med kooperative systemer som forutsetter at enheter i bilen kommuniserer med andre kjøretøy eller med infrastruktur.

2 Metode

2.1 Litteraturstudie: Virkninger på ulykker og atferd

For de førerstøttesystemene som inngår i denne studien, har vi i litteraturstudien forsøkt å finne flest mulig metodologisk solide studier som har undersøkt virkninger på ulykker eller føreratferd. Vi har både benyttet resultater fra tidligere litteraturstudier og gjort nye søk. De nye søkene er gjort for å finne studier som er publisert etter de tidligere litteraturstudiene, eller for å supplere med resultater for systemer eller virkninger hvor vi ikke har resultater fra tidligere litteraturstudier. Generelt har vi lagt mest vekt på de nyeste studiene, dvs. fra 2020 og senere; slike studier er mest relevante på grunn av tekniske utviklinger.

2.1.1 Tidligere litteraturstudier

De tidligere litteraturstudiene vi har benyttet er:

- **Trafikksikkerhetshåndboken:** De fleste førerstøttesystemer er beskrevet i Trafikksikkerhetshåndboken. Her er det i hovedsak samlet inn studier som har undersøkt virkninger på antall ulykker. Relevante kapitler i Trafikksikkerhetshåndboken (og årstall for siste oppdatering) er:
 - 4.18 Autonom avstandsregulering og automatisk nødbrems, parkeringsassistenter (2015)
 - 4.29 Antiskrenssystemer (2015)
 - 4.32 Feltskiftevarsler og lignende tiltak, blindsonkamera (2015)
 - 4.33 Toppfartspærre (2022)
 - 4.34 Intelligent fartstilpasning (ISA) og geofence fartssperre (GFS) (2015)
 - 4.36 Kooperative førerstøttesystemer (2020)
 - 4.37 Varsling for myke trafikanter med automatisk nødbrems (2015)
- **Kunnskapsstatus om førerrollen i automatiserte kjøretøy (Høye et al., 2022):** I dette arbeidsdokumentet har vi oppsummert kunnskap om helt eller delvis automatiserte kjøretøy og hvordan disse påvirker førerrollen og føreratferd.
- **Litteraturgjennomgang om ITS og føreratferd (Milch et al., 2023):** Arbeidsdokumentet inneholder en oppsummering av studier om hvordan bruk av avanserte førerstøttesystemer og integrerte skjermgrensesnitt i bilen påvirker føreratferd og oppmerksomhet.

2.1.2 Oppdatert litteratursøk

Søkestrategien for de oppdaterte litteratursøkene etter nyere studier, er som følgende:

- **Kilder/databaser:** Vi har i hovedsak benyttet Google Scholar i litteratursøket. Her finner man studier som også er tilgjengelige via vitenskapelige databaser (f.eks. ScienceDirect, PubMed og Web of Science). Man finner imidlertid også en del relevante studier som ikke finnes i litteraturdatabasene, som bl.a. rapporter fra vegmyndigheter. I tillegg har vi benyttet studier vi har funnet i tidligere litteraturgjennomganger, i hovedsak i forbindelse med Trafikksikkerhetshåndboken (tshandbok.no).
- **Søkestrategi:** Vi har benyttet søkeord som beskriver de respektive førerstøttesystemene, samt ulike søkeord som spesifiserer at vi er interessert i enten ulykker eller føreratferd.
- **Tidsrom:** For å begrense søket i tid, har vi i hovedsak søkt etter studier som er publisert i året for den siste tilgjengelige litteraturgjennomgangen (i hovedsak Trafikksikkerhetshåndboken) eller senere. Studier som er inkludert i tidligere litteraturgjennomganger, har vi tatt med uansett når de er gjennomført. Studier som er vurdert som metodologisk svake eller lite relevante på grunn av teknologiske utviklinger er imidlertid utelatt eller tillagt mindre vekt.

- **Inklusjonskriterier:** Hovedfokuset var på å finne fagfellevurderte empiriske studier som er gjort i ekte trafikk. Slike studier bør helst også ha kontrollert for andre variabler, f.eks. ved bruk av kontrollgruppe. Studier som er basert på simulatorstudie, baneforsøk og analyser av ulykkesstatistikk eller dybdestudier, har vi kun tatt med hvis ingen relevante studier fra ekte trafikk var tilgjengelige. Studier som vi generelt har ekskludert er: Simuleringsstudier, studier uten kontroll for forstyrrende variabler slik at resultatene kan være misvisende og studier fra land som har helt andre veg- og trafikkforhold enn Norge.
- **Kvalitetsvurdering av studiene:** Hvordan vi har vurdert ulike forskningsmetoder, er nærmere beskrevet i avsnitt 2.2. I tillegg til datakilde, er viktige kriterier i hvilken grad det er kontrollert for forstyrrende variabler¹ og om utvalget (f.eks. biler eller førere) er representative. Dette er avgjørende for hvorvidt resultatene kan generaliseres, dvs. om resultatene er gyldige utover den spesifikke gruppen og situasjonen som inngår i studien. I litteraturgjennomgangen har vi ekskludert de svakeste og minst generaliserbare studiene (se punkt over) og ellers lagt mest vekt på de beste studiene og mindre på svakere studier. Virkninger på ulykker er for flere tiltak oppsummert med metaanalyse og her har vi testet statistisk om forskningsmetoden påvirker resultatene fra ulike studier.

2.1.3 Metaanalyse av ulykkesstudier

For noen av førerstøttesystemene foreligger det tilstrekkelig mange resultater for å kunne oppsummere de estimerte virkningene med metaanalyse. Hvordan dette gjøres, er beskrevet i andre publikasjoner (Christensen, 2003).

Resultatene fra metaanalyse presenteres som:

- **En sammenlagt effekt** som viser et vektet gjennomsnitt av resultatene fra alle studiene som inngår i beregningen av denne effekten. Studiene er her vektet etter den statistiske usikkerheten. Vitenskapelig kvalitet er tatt hensyn til ved at de svakeste studiene er ekskludert, enten på generelt grunnlag (jf. avsnitt 2.1.2) eller fordi det av andre grunner er sannsynlig at resultatene er misvisende.
- **Usikkerheten** som er uttrykt som 95-prosent-konfidensintervall. Dette er et intervall rundt den sammenlagte effekten. Litt forenklet sagt er det innenfor dette intervallet at den «sanne» effekten mest sannsynlig vil ligge.

2.1.4 Vitenskapelig kvalitet i studier av førerstøttesystemer

Den vitenskapelige kvaliteten til studier av førerstøttesystemer varierer med tanke på blant annet datakilde, deltakere, forskningsdesign, tidsperspektiv og kontekst. Slike forskjeller kan påvirke resultatenes pålitelighet, og de kan påvirke i hvilken grad resultatene er gyldige for kjøring i trafikk (generaliserbarhet). I litteraturstudien har vi lagt mest vekt på studier med god vitenskapelig kvalitet. Vi beskriver her ulike typer studier av førerstøttesystemer og noen viktige aspekter ved den vitenskapelige kvaliteten på disse. De ulike metodene presenteres i synkende rekkefølge etter hvor stor vekt resultatene får i litteraturgjennomgangen.

Ulykkesstudier og føreratferdsstudier i ekte trafikk: I litteraturstudien legger vi størst vekt på empiriske studier som er gjort i ekte trafikk, og som har sammenlignet ulykkesinnblanding eller føreratferd mellom biler med og uten førerstøttesystem. Slike studier kan gi både pålitelige og generaliserbare resultater dersom de har benyttet en kontrollgruppe eller på annen måte kontrollert for eventuelle andre forskjeller mellom biler med og uten førerstøttesystem. Uten slik kontroll kan resultatene være

¹ Forstyrrende variabler i en studie som har undersøkt sammenhengen mellom to variabler A og B, er faktorer som henger sammen med både A og B. Finner man en sammenheng mellom A og B vil man ikke kunne tolke den når man ikke kontrollerer for forstyrrende variabler. Da kan sammenhengen enten skyldes at det faktisk er en direkte sammenheng mellom A og B, eller den kan skyldes den forstyrrende variabelen.

misvisende ettersom andre forskjeller også kan påvirke ulykkesrisikoen eller skadegraden, som for eksempel at biler med førerstøttesystemer i gjennomsnitt er nyere. Nyere biler gir førerne bedre beskyttelse enn gamle biler, og førere av nyere biler er i mindre grad unge, nye førerkortinnehavere. Så uten kontrollgruppe eller annen form for kontroll vil man ikke kunne skille forskjeller i førerstøttesystemer fra andre typer forskjeller.

Kjøring i trafikk (Naturalistic driving): Dette er studier hvor førere kjører i vanlig trafikk med instrumenterte biler som registrerer store mengder med informasjon om ulike kjøreparametere (f.eks. fart, bilens posisjonering i kjørefeltet, bremsing mv.). Førerne kjører som vanlig, dvs. at de ikke får instruksjoner om når, hvor eller hvordan de skal kjøre. Når deltakerne i slike studier kjører biler med og uten førerstøttesystemer, kan resultatene vise hvordan systemene påvirker føreratferd. Resultatene fra slike studier kan som regel anses som både pålitelige og generaliserbare da de er gjort i ekte trafikk og som regel også over lengre tid.

Analyser av ulykkesstatistikk: Mange studier har forsøkt å anslå mulige effekter av førerstøttesystemer ved å estimere hvilken andel av ulykkene som skyldes faktorer som kan påvirkes av førerstøttesystemer. Slike studier ble i hovedsak gjort i tidligere år når førerstøttesystemer begynte å komme på markedet. Resultater fra slike studier er svært usikre, da de ikke kan si noe om i hvilken grad førerstøttesystemer faktisk påvirker de respektive faktorene de er ment å påvirke². De tar heller ikke hensyn til at førerstøttesystemer kan påvirke føreratferd på andre måter. Som regel er de potensielle virkningene som er estimert i slike studier, også veldig optimistiske og langt større enn de virkningene som man senere har funnet i ulykkesstudier gjort i trafikk. Slike studier legger vi veldig liten vekt på i litteraturstudien, med mindre det ikke finnes noen studier som er gjort i ekte trafikk.

Dybdestudier av ulykker: Dybdestudier som har undersøkt hvordan ulike aspekter ved kjøretøy, veg og fører kan ha bidratt til (som regel alvorlige) ulykker, benyttes noen ganger for å vurdere hvorvidt førerstøttesystemer kunne ha forhindret ulykkene. En ulempe med slike studier er at resultatene er teoretiske vurderinger og her gjelder de samme forbehold som for Analyser av ulykkesstatistikk. Dybdestudier gjøres i Norge for alle dødsulykker siden 2005; detaljerte koder for førerstøttesystemer finnes fra og med 2016, men benyttes kun i liten grad ettersom det ofte er usikkert hvilke førerstøttesystemer som har vært i bruk da ulykken inntraff.

Simulatorstudier: Mange studier har benyttet kjøresimulatorer for å undersøke hvordan førerstøttesystemer påvirker førernes atferd, oppmerksomhet, trøtthet mv. I en kjøresimulator kjører forsøkspersoner under mest mulig realistiske men kontrollerte forhold og man kan måle mange ulike kjøreparametere, ofte også fysiologiske parametere. Fordeler med slike studier er at man kan undersøke virkninger i spesifikke situasjoner under kontrollerte forhold og at man også kan undersøke situasjoner som det hadde vært umulig eller uforsvarlig å teste i virkelig trafikk.

En ulempe med simulatorstudier er at resultatene ikke nødvendigvis sier noe om hvordan førerstøttesystemer vil påvirke føreratferd i ekte trafikk. Dette skyldes bl.a. at simulatorkjøring aldri vil ha de samme konsekvensene som kjøring i virkelig trafikk, verken mht. trafikksikkerheten eller trafikkløvbudd. Det er også betydelige forskjeller på hvor realistiske ulike simulatorer er. I en simulator er det heller ikke mulig å undersøke langtidseffekter. Resultater fra simulatorstudier har vi derfor bare i liten grad benyttet i litteraturstudien og vi har ikke tatt med simulatorstudier i de oppdaterte søk for nyere studier.

Baneforsøk: Også i baneforsøk kan man undersøke virkninger av førerstøttesystemer på førernes atferd i spesifikke situasjoner. Her gjelder omtrent de samme begrensningene som ved simulatorstudier.

² for eksempel skal feltskiftevarsler forhindre utforkjøring og møteulykker og en rekke studier har estimert hvor store andeler av alle ulykkene som potensielt kan være forhindret av feltskiftevarsler, men uten at det er kjent hvordan feltskiftevarsler faktisk påvirker antall utforkjøring og møteulykker.

Simuleringsstudier: I simuleringsstudier kan man undersøke hvordan førerstøttesystemer i teorien kan tenkes å påvirke ulykker eller trafikkavviklingen. Simuleringsstudier gjør teoretiske beregninger hvor man f.eks. estimerer virkningen på trafikkflyten eller det totale antall ulykker, gitt at et system har en gitt effekt på f.eks. føreratferd. Man undersøker da ikke denne effekten, men forutsetter at man kjenner den. Siden man som regel ikke kjenner den faktiske effekten, vil resultatene fra slike studier alltid avhenge av hvilke antakelser som gjøres om hvordan førerstøttesystemer påvirker føreratferd eller konkrete kjøreparametere. De kan ikke si noe om hvordan systemene påvirker faktisk føreratferd. Simuleringsstudier er derfor ikke inkludert i litteraturgjennomgangen.

2.2 Informasjon om førerstøttesystemer og eksempler

For å finne informasjon om førerstøttesystemer som er på markedet i dag, har vi benyttet ulike kilder. I forskningen som har undersøkt virkninger på ulykker eller føreratferd, er det ofte svært lite informasjon som beskriver systemene som er undersøkt. Vi har derfor i hovedsak benyttet følgende kilder for å beskrive førerstøttesystemene:

- Lovtekster: Slike dokumenter beskriver minimumskrav.
- Euro NCAP: Euro NCAP beskriver systemene som inngår i testprogrammet for nybiler, hvordan de testes og hvilke funksjoner som testes.
- Bilprodusenters hjemmesider: Mange bilprodusenter beskriver førerstøttesystemene som bilene er utstyrt med. Beskrivelsene er ofte svært overfladiske og inneholder få detaljer om hvordan systemene fungerer og hvordan de interagerer med føreren.
- Medieomtaler, forhandlere og brukerrapporter: I slike kilder finner man ofte langt mer detaljert informasjon og mange slike kilder inneholder videoer hvor man kan se systemene i aksjon.

For alle disse kildene har vi gjort skjønnsmessige vurderinger av troverdigheten, og vi har kun benyttet mest mulig oppdaterte kilder, i hovedsak fra 2021 eller senere.

Eksempler: I vedlegg 3 viser vi en rekke eksempler på de viktigste førerstøttesystemene fra større bilprodusenter. Eksempelene er i hovedsak basert på informasjon fra bilprodusenter, forhandlere og brukerrapporter.

Forbehold: Eksempelene skal kun gi et omtrentlig bilde av hvordan førerstøttesystemer fungerer. Eksempelene er fra ulike land og ulike år. Selv om vi har prioritert den nyeste informasjonen og europeiske land, vil ikke alle førerstøttesystemene i norske biler være nøyaktig slik som beskrevet i eksempelsamlingen.

Reguleringer: I EU er det innført krav til en rekke førerstøttesystemer på alle nye biler fra 1. juli 2022. En oversikt over hvilke førerstøttesystemer dette gjelder og hvilke kjøretøytyper som omfattes av reguleringen, er vist i vedlegg 3. Denne reguleringen gjelder typegodkjenning av nye kjøretøy. Det betyr at nye biler fortsatt kan selges uten førerstøttesystemene fram til 2024. Først fra da av må *alle* nye biler som selges, ha førerstøttesystemene.

2.3 Regulering

Blant førerstøttesystemene som er beskrevet i denne rapporten, er det flere som har vært påbudt ved typegodkjenning av nye kjøretøy siden 6. juli 2022 ifølge EUR-Lex (2022). Det betyr at nye modeller som kommer på markedet ikke kan få typegodkjenning etter denne datoen uten de respektive systemene. Nye biler som har typegodkjenning fra før, kan likevel fortsatt selges fram til 2024.

En oversikt over alle systemene og fra hvilke år de er påbudt, finnes i innledningen til kapittel 4. Det er også beskrevet i avsnittene om de enkelte tiltakene i kapittel 4 hvorvidt de er eller blir påbudt samt hvilke kriterier de må oppfylle for å bli godkjent.

2.4 Utbredelse av førerstøttesystemet

Det foreligger ingen nøyaktige tall om utbredelsen av førerstøttesystemer i Norge. Vi baserer oss her i hovedsak på tidligere studier fra Norge (Høye, 2019, 2020; Jensen et al., 2023) som har benyttet ulike metoder for å anslå hvor mange nye biler som selges med ulike førerstøttesystemer og hvor stor andel av trafikkarbeidet som gjøres med førerstøttesystemene. I tillegg har vi funnet en relevant studie fra Finland (Penttinen & Luoma, 2020). Informasjon fra disse studiene har vi supplert med informasjon om utbredelsen av førerstøttesystemer fra studier i andre land, i de tilfellene hvor vi har funnet slike studier.

De følgende avsnittene beskriver de norske studiene og den finske studien som har estimert utbredelsen for de fleste tiltak.

Norge 1: Høye (2019, 2020)

Høye (2019, 2020) og Elvik og Høye (2021) har estimert andeler av alle nye personbiler i Norge som selges med automatisk nødbrems (AEB), feltskiftevarsler (LDW) og fotgjengervarsling med automatisk nødbrems. Analysene er basert på flere tidligere studier hvor TØI har gjort analyser av salgsstatistikk i kombinasjon med en gjennomgang av salgsbrosjyrer for de 30-50 mest solgte bilmodellene i Norge. For år hvor det ikke foreligger slik informasjon, er det gjort trendberegninger. Analysene er supplert med informasjon fra studier som har estimert utbredelsen av førerstøttesystemer i andre land. I tillegg er det estimert hvilken andel av alt trafikkarbeid med personbiler som gjøres med tiltaket. Disse andelene er basert på de estimerte andelene av alle nye bilene med tiltak, samt hvordan kjørte kilometer fordeler seg på biler i ulike aldre.

Norge 2: Jensen et al. (2023)

Jensen et al. (2023) har oppsummert informasjon fra Canlys.com³. Resultatene viser at andelen av alle solgte personbiler i Europa som hadde førerstøttesystemer på nivå 2⁴, var på tre prosent i 2018 og hadde økt til 33 prosent i 2021; fram til 2030 forventes en økning til 50 prosent. Med nivå 2 menes delvis automatisering hvor førerstøttesystemer støtter både reguleringen av fart og sideplasseringen.

Jensen et al. (2023) har også analysert informasjon om førstegangsregistrerte biler i Norge som hadde ulike førerstøttesystemene i 2018 -2022. Prosentandelene av bilene med førerstøttesystem viser, for hvert system, hvor mange av de førstegangsregistrerte bilene som hadde systemet tilgjengelig, dvs. enten som standard eller som valgfritt utstyr. Siden ikke alle bilene hvor et system var tilgjengelig, faktisk ble solgt med systemet, må andelene betraktes som en øvre grense. Noen resultater tyder imidlertid på at ikke alle bilene hvor et system var tilgjengelig, ble fanget opp i analysene (f.eks. er kun 96,9 prosent registrert med ESC, selv om det var påbudt utstyr i hele perioden). Vi antar likevel at de oppgitte prosentandelene kan være overestimert for noen tiltak.

Finland: Spørreundersøkelse (Penttinen & Luoma, 2020)

Penttinen og Luoma (2020) gjorde i 2019 en spørreundersøkelse blant 1005 eiere av biler som ikke var eldre enn tre år og som kjørte minst 1500 km per år. Spørsmålene handler bl.a. om hvilke førerstøttesystemer bilene deres har, hvor mye, når og hvor de brukes, samt hvilke erfaringer de har med førerstøttesystemene. Førerstøttesystemer som er inkludert i studien er:

³ <https://www.canalys.com/analysis/intelligent-vehicle>

⁴ Basert på seks nivåer av autonomi for kjøretøy (hvor 0 er ingen automatisering og 5 er full automatisering), fra SAE, https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104/

- Adaptiv Cruise Control (ACC) og Cruise Control
- ACC med fartstilpasning (ISA)
- Feltskiftevarsler (LDW)
- Kjørefeltassistent (LKA), ulike typer
- Blindsonevarsling
- Skiltgjenkjenning
- Automatisk nødbrems (AEB).

Førerstøttesystemer i Autosys

Autosys er et system for registrering, eierskifte, omregistrering og avregistrering av kjøretøy.

Når førerstøttesystemer er obligatoriske, må produsentene dokumentere informasjonen som er relevant i forhold til tekniske krav. Ved innføring av nye obligatoriske systemer finnes imidlertid kompliserte overgangsordninger i forbindelse med EU-typegodkjenning. I praksis kan man, noe forenklet, forutsette at de aller fleste nye biler som blir registrert på et tidspunkt hvor et gitt førerstøttesystem er obligatorisk, faktisk har dette systemet.

For ikke-obligatoriske førerstøttesystemer finnes det ikke informasjon om de enkelte kjøretøys førerstøttesystemer i Autosys. Vi antar at det ville være vanskelig eller umulig å få til en slik registrering. Ikke-obligatoriske systemer er ikke utformet etter bindende tekniske krav, og det er stor variasjon mellom ulike systemer (se beskrivelsene av de enkelte førerstøttesystemene i kapittel 4). Det vil derfor være vanskelig å definere nøyaktig hva som må til for å kunne registrere bilenes tilleggsutstyr som konkrete førerstøttesystemer.

Hvilke førerstøttesystemer enkelte kjøretøy har, framgår altså ikke av informasjonen om kjøretøyene som er lagret i Autosys.

3 Førerstøttesystemer og førerrollen

Førerstøttesystemer i biler skal gjøre kjøringen tryggere og enklere. De kan informere om, varsle, eller overta styringen i farlige situasjoner. De fleste førerstøttesystemer virker *igjennom* føreren, ved at de avhenger av at føreren oppfatter, tolker, og gjennomfører de riktige handlingene for å avverge situasjonen. På denne måten blir førerstøttesystemene en del av det utvidete sanseapparatet til føreren. Selv førerstøttesystemer som kan overstyre førerens handlinger, er avhengig av at føreren tillater denne overstyringen og ikke skrur av systemet. Dette gjør det viktig å se på forholdet mellom førerstøttesystemene og føreren, hvordan førerstøttesystemet påvirker føreren, og hvordan dette påvirker risikoen for ulykker.

Dette kapitlet vil kort gjennomgå overordnede konsepter relatert til førerstøttesystemer og førerrollen som er sentrale for hvordan førerstøttesystemer påvirker føreren. Flere av disse konseptene har opphav i psykologi. Dette gir oss muligheten til å anslå effekten av førerstøttesystemer det er forsket lite på, samt gå noe nærmere inn på *hvorfor* førerstøttesystemer har den effekten de har på ulykker.

Mellom ulike kulturer er det er større forskjeller på veg- og trafikksystemer enn det er på grunnleggende menneskelig psykologi. Derfor har vi en lavere terskel for å inkludere studier fra andre kulturer i dette kapitlet som undersøker førere enn når vi undersøker ulykker (kapittel 4). Selv om greske landeveier er forskjellige fra norske landeveier, er gresk reaksjonstid veldig lik norsk reaksjonstid. Dette gjelder også tid: Utviklingen i kjøretøy og veier skjer mye raskere enn utvikling i mental kapasitet. Derfor er det også noe lavere terskel for å inkludere eldre studier.

3.1 Affordances

Konseptet om at tings verdi avhenger av brukerens evne til å bruke tingen, har lenge vært kjent (Xenophon 354 fvt./2013). I nyere tid brukes begrepet «Affordances», et begrep som opprinnelig kommer fra psykologien, om de mulighetene et objekt eller miljø gir til en aktør (Norman, 2013). For at en affordance skal eksistere, må både muligheten i miljøet og kunnskap/evne om denne muligheten være til stede.

For eksempel kan en bil være utstyrt med Adaptive Cruise Control (ACC), men hvis føreren ikke vet hvordan man aktiverer dette, finnes det ingen affordance for ACC i denne situasjonen. En blindsonesensor montert under speedometeret kan miste sin affordance fordi det er vanskelig å huske å sjekke dashbordet før man skifter kjørefelt. På samme måte kan bilen ha en feltskiftevarsler (LDW) som piper når bilen kommer for skjevt ut i veibanen. Om bilen også har andre systemer som lager lignende pipelyder, og føreren ikke kan skille mellom disse, er det i praksis ingen affordance for bruk av LDW. Som regel vil fravær av affordances i et førerstøttesystem tilsvare fravær av systemet selv.

Empiriske studier av førerstøttesystemer som kan slås av og på, viser at mange førere ikke bruker systemene. I slike tilfeller vil systemene altså ikke har noen praktisk nytte. Dette kan være en del av forklaringen på at virkningen på ulykker ofte er langt mindre enn det man ville forvente ut fra virkningen på f.eks. sideplasseringen når systemet er slått på. Et typisk eksempel er LDW som ofte slås av for å unngå irriterende akustiske varsler. En annen forklaring for små virkninger på ulykker kan også være knyttet til affordances; det er systemer som ikke brukes selv om de er aktive, for eksempel fordi føreren ikke legger merke til dem eller ikke forstår informasjonen. Et eksempel er parkeringsassistenter og blindsonesvarsler som ofte ikke brukes etter hensikten.

3.2 Brukerfeil og støtte

Brukerfeil av systemer kan deles inn i to kategorier: Glipper og feil (Norman, 2013). Glipper («slips», Norman 2013), skjer når man mener å gjøre noe, men ender opp med å gjøre noe annet. Disse deles inn i handlingsbaserte og minnebaserte glipper. I handlingsbaserte glipper brukes feil type adferd. Eksempelvis å sette bilen i vanlig gir når man mener å sette den i revers, for så å begynne å «rygge» fremover. Ved minnebaserte glipper glemmer man relevant informasjon, som å glemme at man så en annen bil kjøre inn i blindsona før man skifter felt.

Feil deles inn i regelbaserte, kunnskapsbaserte, og hukommelsesfeil (Norman 2013).

Regelbaserte feil lener seg på at brukere har internaliserte regler, som for eksempel stoppe på rødt lys, eller senke farten når fartsgrensen går ned. Regelbaserte feil oppstår når brukere:

- Feiltolker situasjoner og bruker feil regel: F.eks. leser feil fartsgrense eller feiltolker symboler som skal vise hvilke førerstøttesystemer som er slått av og på.
- Bruker riktig regel, men regelen i seg selv er feil: F.eks. bremses for pipende feltskiftevarsler og unngår utforkjøring, men blir påkjørt bakfra istedenfor.
- Bruker riktig regel, men utfallet feiltolkes: F.eks. nødbremses for dyr i veibanen, tolker pumpende ABS-brems som ødelagt og letter bremsetrykket.

Kunnskapsbaserte feil oppstår i nye situasjoner som føreren ikke har opplevd før og dermed ikke har regler for, slik at han først må finne ut hva man skal gjøre. Her oppstår feil primært fordi føreren mangler kunnskap eller oversikt over den nye situasjonen. I slike situasjoner er maskiner og systemer som regel dårlige, og de hjelper mest med å skaffe informasjon føreren må tolke selv. I forbindelse med førerstøttesystemer kan kunnskapsbaserte feil være knyttet til at førere mangler kunnskap om hvordan systemene fungerer, hva de ulike varslene betyr, eller hvordan man ser hvilke systemer som er slått av og på eller hvorvidt enkelte systemer er inaktive.

Hukommelsesbaserte feil skjer når bruker glemmer målet eller hva man skal gjøre. Dette kan inntreffe når førerstøttesystemer tar oppmerksomheten til førere i det de skal gjennomføre en manøver, og glemmer hvilken manøver man i utgangspunktet skulle gjøre. Eksempelvis kan en fører som skal skifte kjørefelt, bli varslet av feltskiftevarsler, avslutte feltskiftet, bli lettet over at han ikke krasjet, og glemme at han skulle skifte felt. Denne typen feil skiller seg fra minneglipper ved at man glemmer hva man skulle, ikke relevant informasjon for å gjøre det.

Feil og arbeidsbelastning: Glipper og feil oppstår oftere jo mindre kapasitet fører har for å prosessere informasjonen som gis. Selv om det er flere faktorer som påvirker dette, er det i en førerstøttesammenheng spesielt relevant å nevne dual-task facilitation (Pashler, 1994). Dette fenomenet tilsier at mennesker har mye enklere for å prosessere oppgaver fra to forskjellige «områder». Eksempelvis er det mye enklere å holde en samtale og kjøre en bil samtidig, enn det er å holde to samtaler eller kjøre to biler. Fordi bilkjøring er primært visuelt, må de fleste førerstøttesystemer lene seg på å formidle informasjon på andre måter.

Førerstøttesystemer skal i utgangspunktet hjelpe førere med å unngå glipper og feil. De kan for eksempel hjelpe førere med å reagere hensiktsmessig ved en begynnende utforkjøring, hjelpe med å parkere bilen med lakkeringen intakt, og gi informasjon om biler eller syklistene i blindsonen som føreren ellers ikke hadde oppdaget. Som eksemplene over viser, kan førerstøttesystemer imidlertid også i seg selv føre til feil som kan øke risikoen for ulykker.

Hvorvidt førerstøttesystemer hjelper førere unngå feil eller bidrar til feil som føreren ellers ikke hadde gjort, avhenger i stor grad av hvordan systemene er utformet. For eksempel har det vært en stor utvikling av feltskiftevarslere som tidligere var mest irriterende og som kunne utløse panikkreaksjoner når de aktivt skulle styre bilen tilbake i kjørefeltet. Dagens systemer benytter i hovedsak rattvibrasjon og små rattutslag som gjøres på en slik måte at førere «automatisk» reagerer riktig. I noen biler kan de til og med hjelpe føreren med å få bilen på rett kurs igjen uten overstyring (jf. eksemplene i vedlegg 3).

3.3 Atferdstilpasning og automation complacency

Atferdstilpasning i føreratferd har blitt definert som «...de atferdene som kan oppstå etter innføringen av endringer i vei-kjøretøy-brukersystemet og som ikke var tilsiktet av dem som initierte endringen» (oversatt fra OECD, 1990). Om for eksempel troen på at bilen en kjører har ESC fører til mer risikabel atferd i trafikken (se Vadeby et al., 2011), er dette en atferdstilpasning. Atferdstilpasninger med en negativ påvirkning på sikkerheten er mest studert.

Et godt kjent eksempel på atferdstilpasning er at tidligere studier tilsynelatende viste at førere av biler med ABS-bremser kjørte mer aggressivt og generelt mer risikabelt. Det viste seg imidlertid at førerne i de aktuelle studiene hadde et helt feil bilde av hvordan ABS-bremser fungerer. Nyere studier viser ingen tegn til atferdstilpasning.

Empiriske studier viser at systembegrensninger som ikke blir regelmessig opplevd av føreren, blir glemt (Vaa et al., 2021; Beggiato et al., 2015). Når førere for eksempel tror at en nødbremseassistent alltid forhindrer visse typer påkjørsler, vil han glemme at det kan være situasjoner hvor det ikke er tilfelle. Det kan føre til en overdreven tillit til systemet, noe som kan føre til at førere ikke klarer å reagere hensiktsmessig i kritiske situasjoner. Både overdreven tillit og feiloppfatninger av hvordan systemer fungerer, vil øke risikoen for at føreren bruker systemet feil eller gjør uheldige atferdstilpasninger. Et eksempel på en slik feil er når føreren går ut fra at «når blindsonervarsleren sier det ikke er noe i blindsonen, er det klart», selv om det er en mulighet for at blindsonervarsleren har oversett en bil eller motorsykel som er i ferd med å kjøre forbi (motorsykler blir som regel lett oversett av førerstøttesystemer).

Slike eksempler viser at det i hovedsak er førerens oppfatning av systemer som påvirker eventuelle atferdstilpasninger. Det er derfor sannsynlig at førerstøttesystemer som ikke regelmessig viser sine egne begrensninger, enten med advarsler eller faktiske feil, kan øke ulykkesrisikoen. Å opplyse og varsle om slike problemer i brukerhåndbøker har ikke vist seg å ha noen forebyggende effekt (Vaa et al., 2021).

Føreres oppmerksomhet er en av de mest studerte atferdstilpasningene. Studier viser at førere som regel retter mindre oppmerksomhet på vegen når de kjører delvis automatiserte kjøretøy (Metz, 2021). Om oppmerksomhet hadde vært en begrenset ressurs, kunne dette vært positivt; det ville bety at førere «sparer» konsentrasjonen til krevende situasjoner. Nyere psykologisk forskning viser imidlertid at oppmerksomhet ikke er begrenset i den forstand at man kan «spare» på den til en senere anledning (Job et al., 2010).

Atferdstilpasninger, især redusert oppmerksomhet, er undersøkt i empiriske studier for flere av førerstøttesystemene som er beskrevet i kapittel 4. Det er især feltskiftevarsler (LDW) og autonom avstandsregulering (ACC) som har vist seg å føre til atferdstilpasninger i den forstand at førere retter mindre oppmerksomhet på vegen og trafikken og mer på andre ting som f.eks. mobiltelefoner.

Redusert oppmerksomhet under kjøring med delvis automatiserte systemer forklares med et konsept som heter «**automation complacency**», dvs. graden av oppmerksomhet som brukes (rettere sagt: ikke brukes) på overvåking av en automatisert oppgave (Merrit et al. 2019). Automation complacency oppstår i hovedsak når førere (i for stor grad) stoler på at automatisert system. Konsekvensen kan være at de ikke klarer å reagere hensiktsmessig når de må overta kontrollen (Vaa et al., 2021). Dette er nærmere beskrevet i neste avsnitt.

En langsiktig konsekvens av slike atferdstilpasninger kan være at førere mister evnen til å kjøre bilen, noe som kan være spesielt uheldig i krevende situasjoner hvor føreren må overta kontroll over bilen.

3.4 Overganger

En mye diskutert problemstilling i forbindelse med delvis automatiserte kjøretøy er overganger mellom situasjoner hvor førerstøttesystemene er aktive og inaktive.

Mest problematiske er situasjoner hvor føreren må ta tilbake kontrollen etter at førerstøttesystemet har regulert bilens fart eller sideplassering. Dette er gjerne akutte situasjoner hvor det skjer noe uventet som krever umiddelbar reaksjon. Typiske problemer er:

- At føreren enten ikke er klar over at han har kommet i en slik situasjon, som for eksempel når ACC er aktiv, men overser at det er noe i vegen; et kjent eksempel på en slik situasjon er en ulykke hvor en bil som hadde kjørt på «autopilot» overså en semitrailer som sto på tvers over vegen (bien havnet under semitraileren og føreren døde⁵; Vaa et al., 2021).
- At føreren ikke klarer å reagere hensiktsmessig; det kan være mange grunner til dette, bl.a. at han ikke hadde hendene på rattet eller hadde oppmerksomheten rettet et helt annet sted, at han ikke klarer å oppfatte og tolke situasjonen riktig, eller at han reagerer panikkartet og feil.

Overganger til manuell kontroll over bilen kan være vanskelige og forbundet med høy risiko når førere er preget av «automation complacency» (se avsnitt over) eller når de ikke er klare over at slike situasjoner kan oppstå. Dette vil være mest relevant for førerstøttesystemer som avlaster føreren fra regulering av bilens fart (ACC) og/eller sideplassering (LDW/LKA).

Utformingen av førerstøttesystemene kan trolig bidra til å gjøre overganger lettere eller vanskeligere. Bl.a. viser empiriske studier som er oppsummert av Vaa et al. (2021) at førere takler overganger bedre:

- Når de er klare over systembegrensningene
- Når de til enhver tid vet hvilken modus bilen kjører i og hva det betyr for dem
- Når de er oppmerksomme på vegen og trafikken
- Når de får et forvarsel
- Når de har erfaring med manuell kjøring.

Det siste punktet omtales gjerne som automatiseringens ironi («ironies of automation», Bainbridge, 1983) da hensiktsmessige reaksjoner i krevende situasjoner kan være enda mer krevende når automatisering avlaster føreren fra enklere oppgaver.

⁵ <https://electrek.co/2021/03/16/tesla-under-scrutiny-feds-again-over-crash-semi-truck/>

4 Førerstøttesystemer og trafiksikkerhet

Førerstøttesystemene kan deles inn i ulike nivåer etter hvilken grad av støtte de gir føreren og etter graden av føreransvar. Den mest brukte klassifikasjonen er SAE J3016 som beskriver fem ulike automatiseringsgrader. Denne rapporten beskriver kun systemer på nivåene 0 til 2 hvor føreren til enhver tid må overvåke kjøringen og være klar til å ta kontroll over bilen (se Tabell 1). Fra nivå 3 kan føreren i større grad overlate kjøringen til systemet.

Tabell 1. Nivåene 0 til 2 basert på SAE J3016⁶.

	SAE-Nivå		
	0 (Ingen automatisering)	1 (Førerassistanse)	2 (Delvis automatisering)
Hva systemet gjør	Varslinger og momentan assistanse	Assisterer ved regulering av fart/bremning ELLER styring	Assisterer ved regulering av fart/bremning OG styring
Eksempler	Automatisk nødbremse, feltskiftevarsler, blindsonerevarsler	Kjørefeltassistent, Adaptive Cruise Control	Kjørefeltassistent og Adaptive Cruise Control som kombinert system, køassistenter

Tabell 1 viser en oversikt over førerstøttesystemene som er beskrevet i dette kapitlet. Rekkefølgen er basert på hvilken type støtte de gir: Stabilitet, langsgående (dvs. fart og nedbremsing), sideveis (dvs. styring), baklengs (dvs. rygging) eller kombinert.

Systemene er delt inn i ulike typer etter hvordan de påvirker kjøringen og hvorvidt føreren må være aktiv for å få en effekt av systemet:

- **Varslende systemer (SAE-nivå 0):** Dette er systemer som varsler i en nødsituasjon, men uten å gripe inn. For å ha en sikkerhetseffekt må føreren reagere på varselet og f.eks. bremse, styre eller ta en pause. Slike systemer er ofte aktive i bakgrunnen uten at føreren legger merke til dem under vanlig kjøring, men flere slike systemer er kun aktive i spesifikke situasjoner (f.eks. under rygging eller når føreren har slått på feltskiftevarsleren).
- **Nødsystemer (SAE-nivå 0):** Systemer som griper inn i kontrollen over bilens fart eller sideplassering i en nødsituasjon; føreren legger ikke merke til at systemet finnes under vanlig kjøring; slike systemer virker konstant «i bakgrunnen».
- **Komfortsystem (SAE-nivå 1 eller 2):** Systemer som overtar enkelte kjøreoppgaver som å regulere farten, avstanden til forankjørende eller sideplasseringen. De fleste slike systemer er kun aktive under visse forutsetninger og de kan som regel slås av, eller de må aktivt slås på av føreren. Når disse systemene er de aktive, vil føreren som regel være klar over det (f.eks. indikatorlys). I SAE-klassifikasjonen er slike systemer på nivå 1 eller 2.

Ofte er ulike typer system koblet sammen, som for eksempel ACC, FCW og AEB. Alle systemene har felles at føreren i det minste må overvåke kjøringen og være klar til å gripe inn momentant til enhver tid (SAE-automatiseringsnivå 0 til 2). Føreren er heller ikke fritatt for føreransvaret.

⁶ <https://www.sae.org/blog/sae-j3016-update>

Tabell 2: Oversikt over førerstøttesystemer.

System	Obligatorisk i Norge fra	Type system	Type førerstøtte	Virkning på relevante ulykker ^a
ESC: Elektronisk stabilitetskontroll	2014 (personbiler)	Nødsystem	Stabilitet	Utforkjøring/velt: <u>Reduksjon</u>
ACC: Adaptive Cruise Control	Ikke obligatorisk	Komfortsystem	Langsgående	Påkjøring bakfra og lignende: <u>Ukjent</u> Kan ha uheldige effekter på føreratferd
FCW: Kollisjonsvarsling	Ikke obligatorisk	Varslende	Langsgående	Påkjøring bakfra og lignende: <u>Reduksjon</u>
AEB: Automatisk nødbrems	2022/2024 (personbiler) 2013 (tunge kjøretøyer)	Nødsystem	Langsgående	Påkjøring bakfra og lignende: <u>Reduksjon</u>
Varsling for myke trafikanter	2022/2024 (tunge kjøretøyer)	Varslende / nødsystem	Langsgående	Fotgjengerulykker: <u>Reduksjon</u> Sykkelykker: <u>Ingen effekt</u> (kun én studie)
Nødbremseassistent	2011 (alle)	Nødsystem	Langsgående	Kollisjoner: Ev. liten <u>reduksjon</u> (få og vitenskapelig svake studier)
ISA: Intelligent fartstilpasning	2022/2024 (alle kjøretøyer)	Komfort / varslende	Langsgående	Alle ulykker: <u>Trolig reduksjon</u> (ut fra sammenhengen fart-ulykker; mangler empiriske ulykkesstudier av ISA)
LDW: Feltskiftevarsler	2015 (tunge kjøretøyer)	Varslende	Sideveis	Utforkjøring/møte: <u>Reduksjon</u>
LKA: Kjørefeltassistent	Ikke obligatorisk	Komfortsystem	Sideveis	Utforkjøring/møte: <u>Reduksjon</u>
ELK: Kjørefelt holder	2022/2024 (personbiler)	Nød-/komfortsystem	Sideveis	Utforkjøring/møte: <u>Ukjent</u>
Blindsonevarsler	Ikke obligatorisk	Varslende	Sideveis	Relevante ulykker: <u>Reduksjon</u>
Dørvarsling	Ikke obligatorisk	Varslende (ev. nødsystem)	Sideveis / baklengs	Sykkeldør-kollisjoner: <u>Ukjent</u>
Ryggekamera / parkeringsassistent	2022/2024 (alle kjøretøyer)	Varslende	Baklengs	Ryggeulykker: <u>Reduksjon</u> Lastebilulykker: <u>Økning</u>
Trøtthets- / distraksjonsvarsling	2022/2024 (alle kjøretøyer)	Varslende	Generell	Alle ulykker: <u>Ukjent</u>
Kombinerte systemer	Ikke obligatorisk	Komfort / varslende	Kombinert	Alle ulykker: <u>Ukjent</u>

^a Virkninger på ulykker er basert på empiriske ulykkesstudier, hvis ikke annet er nevnt.

4.1 Elektronisk stabilitetskontroll (ESC)

Antiskrenssystemer eller elektronisk stabilitetskontroll (Electronic Stability Control, ESC) skal redusere sannsynligheten for at føreren mister kontroll over bilen, for eksempel ved for høy fart i en kurve eller på glatt underlag.

4.1.1 Beskrivelse av systemet

Elektronisk stabilitetskontroll (ESC) skal redusere risikoen for at føreren mister kontroll over bilen.

ESC kan forbedre bilens stabilitet ved å bremse ned eller regulere trekkraften på enkelte hjul. Euro NCAP beskriver ESC som følgende⁷:

The Electronic Stability Control or Electronic Stability Program is a system that improves the vehicle's stability by detecting and reducing loss of traction. When ESC detects loss of control, it automatically applies the brakes to help maintain the vehicle stability. Braking is automatically applied to wheels individually, such as the outer front wheel to counter oversteer or the inner rear wheel to counter understeer. Some ESC systems also reduce engine power until control is regained. Since 2011, ESC tests have been performed on all cars that meet the fitment requirements and the test results can be found under Safety Assist. As of November 2014, all cars sold in Europe must have a ESC system that meet the legal requirements and Euro NCAP has stopped its dynamic testing.

Systemer fra ulike produsenter som faller innenfor rammen for ESC kan ha ulike navn, blant annet ESP (Electronic Stability Program), DSC (Dynamic Stability Control) og VSC (Vehicle Stability Control).

For tunge kjøretøy finnes i tillegg til ESC såkalt «Roll Stability Control» (RSC), dvs. systemer som skal redusere risikoen for velt.

4.1.2 Virkninger på ulykker

Elektronisk stabilitetskontroll (ESC) kan nesten halvere risikoen for utforkjøring og redusere innblandingen i dødsulykker med 26 prosent.

Trafikksikkerhetshåndboken (kapittel 4.29, sist revidert 2014) oppsummerer resultater fra 20 empiriske studier som har undersøkt hvordan ESC på lette kjøretøy påvirker antall ulykker. Sammenlagt viser resultatene at ESC på personbiler reduserer både dødsulykker og utforkjøringsulykker (95 prosent-konfidensintervaller i parentes):

- Dødsulykker: -26 prosent (-33; -19)
- Utforkjøringsulykker: -47 prosent (-48; -46).

Virkningen er større for SUV-er og pickuper enn for andre personbiler.

For ESC på tunge kjøretøy er det også funnet store ulykkesreduksjoner:

- Alle ulykker: -19 prosent (57; +53) (Teoh et al., 2017)
- Velteulykker: -25 til -47 prosent (Blower & Woodrooffe, 2013; Murray et al., 2012).
- Jackknife-ulykker (trekkbil med semitrailer for semitraileren roterer mot førerhuset): Redusert med over 70 prosent (Murray et al., 2012).

4.1.3 Virkninger på føreratferd

ESC har trolig liten eller ingen effekt på føreratferd.

Førere som tror at de kjører en bil med ESC, kjører generelt mer risikabelt ifølge Vadeby et al. (2011). Det er imidlertid veldig mange førere som ikke vet om bilen at ESC, eller som feilaktig tror at bilen har ESC. Hvorvidt førere endrer atferd i biler med ESC, avhenger i hovedsak av hvordan de tror systemet virker og hvilken type informasjon de får fra systemet. Når ESC ikke gjør seg bemerket under vanlig kjøring, og når det ikke gir noen merkbare fordeler som at man kan kjøre fortere, er det lite trolig at førere endrer atferd (Elvik, 2004; Smiley & Rudin-Brown, 2020).

⁷ <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/glossary/#>

4.1.4 Utbredelse av ESC i Norge

ESC er obligatorisk på alle nye personbiler i Norge siden 2014.

ESC er obligatorisk på alle nye personbiler i Norge siden 2014. Det betyr at i 2023 gjøres omtrent 95 prosent av alt trafikkarbeid med personbiler med ESC (Høye, 2019, 2020).

På tunge kjøretøy er ESC ikke obligatorisk og vi har ikke informasjon om utbredelsen.

4.2 Adaptive Cruise Control (ACC)

Automatisk avstandsregulering eller Adaptive Cruise Control (ACC) skal hovedsak avlaste føreren og øke kjørekomfort. ACC kan, i kombinasjon med kollisjonsvarsling (FCW), også redusere risikoen for påkjøring bakfra-ulykker. Slike ulykker skjer ofte når førere kjører med for liten avstand til forankjørende og når førere er uoppmerksomme og ikke oppdager når bilen foran bremses i tide.

4.2.1 Beskrivelse av tiltaket og eksempler

Adaptive Cruise Control (ACC) hjelper føreren med å holde et ønsket fartsnivå og avstand til forankjørende.

Det viktigste fellestrekket ved ulike ACC-systemer er at de kan stilles inn slik at bilen holder en ønsket fart, samtidig som den holder en ønsket minste avstand til forankjørende biler. Ut fra informasjon fra salgsbrosjyrer og beskrivelsene av systemene av Euro NCAP⁸ er det en del forskjeller mellom ulike ACC-systemer, bl.a.:

- Hvilke innstillingsmuligheter føreren har; for eksempel har noen systemer ulike «driving modes» som «Sport», «Chill», «Eco» og «Snow» (Raju et al., 2022).
- Hvor lett det er for føreren å forstå hvordan systemet fungerer og hvordan det kan stilles inn
- Hvordan og i hvilke situasjoner føreren varsles ved for korte avstander; f.eks. om systemet også varsler for faste hindre eller kryssende trafikk, samt hvor høye terskler systemet har for å varsle
- Hvor kraftige nedbremsinger systemet kan gjøre (kan det gjøre kraftige nedbremsinger vil det ev. kunne klassifiseres som automatisk nødbrems (AEB))
- Hvordan og ut fra hvilken sensorinformasjon avstanden til forankjørende kjøretøy reguleres
- Hva som er terskelhastigheten for når systemet kan aktiveres; noen bilmodeller har en nedre grense, for eksempel 30 km/t.

ACC er ofte koblet til kollisjonsvarsling (FCW) og automatisk nødbrems (AEB) (se avsnitt 4.3). ACC inngår også som en viktig komponent i systemer for delvis automatisert kjøring.

ACC kan være koblet til eller kombinert med intelligent fartstilpasning (ISA). Dermed kan systemet regulere farten ut fra den aktuelle fartsgrensen når føreren bekrefter den aktuelle fartsgrensen som ønsket fart. Slike systemer omtales som Intelligent Adaptive Cruise Control (iACC) av Euro NCAP. I denne rapporten omtaler vi dem i kapitlet om ISA (delkapittel 4.6).

4.2.2 Virkning på ulykker

Resultater fra empiriske studier tyder på at Adaptive Cruise Control (ACC) i kombinasjon med kollisjonsvarsling (FCW) reduserer antall ulykker, men virkningen av ACC alene er ukjent.

Vi har ikke funnet studier som har undersøkt virkningen av ACC alene, dvs. uten kollisjonsvarsling (FCW) og automatisk nødbrems (AEB). En rekke studier fra amerikanske Highway Loss Data Institute (HLDI) har

⁸ <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/aeb-car-to-car/> (besøkt august 2023)

undersøkt hvordan ACC i kombinasjon med FCW påvirker antall forsikringsmeldte skader (både materiell- og personskader):

HLDI, 2012A: Mercedes
HLDI, 2011A: Acura
HLDI, 2012C: Volvo
HLDI, 2014: Honda Accord
HLDI, 2019: BMW

Alle studiene har kontrollert for en rekke andre faktorer som bl.a. ulykkesår, bilens modellår, andre førerstøttesystemer og førerens alder og kjønn.

Resultatene viser at ACC, i kombinasjon med FCW, reduserer ulykkesinnblandingen med 17 prosent (konfidensintervall [-25; -9]). For FCW uten ACC er det ikke funnet noen stor eller signifikant virkning (-4% [-9; ±0]). Dette tyder på at det i hovedsak er ACC som bidrar til den ulykkesreducerende effekten.

Man kan imidlertid ikke trekke noen konklusjoner om hvilken virkning ACC har alene (uten FCW).

I tillegg antar vi at virkningen av ACC og FCW er overestimert. I USA utgjør påkjøring bakfra omtrent 28 prosent av alle ulykkene (Schittenhelm, 2013). En reduksjon av det totale antall ulykker på 17 prosent ville bety at påkjøring bakfra-ulykker hadde vært omtrent halvert med ACC (vi forutsetter her at ACC ikke påvirker andre ulykkestyper). Dette er lite trolig, især fordi ACC langt fra alltid faktisk er i bruk. Wilmlink et al. (2008) har estimert at kun omtrent 30 prosent av alle personskadeulykkene med påkjøring bakfra teoretisk kan bli påvirket av ACC. Andelen som faktisk forhindres, vil være betydelig lavere, bl.a. fordi ACC ikke alltid er skrudd på.

I Norge utgjør påkjøring bakfra mellom 14 og 16 prosent av alle personskadeulykkene i de siste 30 årene. Virkningen av ACC på det totale antall ulykker må derfor være mindre enn i USA hvor andelen påkjøring bakfra er langt høyere.

4.2.3 Virkning på føreratferd

Empiriske studier viser at Adaptive Cruise Control (ACC) bidrar til mer distraksjon, lengre reaksjonstider, og mer vinglete kjøring. Virkninger på fart og tidsluker spriker mellom studiene, og avhenger av systemutformingen og innstillingsmulighetene.

Førere opplever kjøring med ACC som mindre anstrengende og mer komfortabelt, men de fleste vet lite om hvordan ACC fungerer. I forhold til feltskiftevarsler (LDW) er det langt flere som har systemet slått på når de kjører, især på rette veggstrekninger i lett trafikk.

Oppmerksomhet og distraksjon: Virkninger av ACC på oppmerksomhet og distraksjon er undersøkt i en rekke studier, både i ekte trafikk og i kjøresimulator:

Acerra et al., 2022: Forsøk i ekte trafikk (ACC)
De Winter et al., 2014: Litteraturstudie (ACC)
Grove et al., 2019: Kjøring i trafikk (tunge kjøretøy) (ACC)
Hungund et al., 2021: Litteraturstudie (førerstøttesystemer generelt)
Muhler et al., 2012: Simulator (ACC)
Reagan et al., 2022: Kjøring i trafikk (ACC)
Sayer et al., 2017: Kjøring i trafikk (ACC+FCW)
Vollrath et al., 2011: Simulator (ACC)

De fleste studiene viser at førere med ACC er **mer distraherete**, bruker mer tid på sekundær oppgaver⁹, presterer bedre på sekundær oppgaver, og at de oftere retter blikket bort fra vegen. Dette gjelder både for ACC alene og for ACC i kombinasjon med FCW. Tre studier fant ingen forskjell i hvor mye tid førere bruker på sekundær oppgaver. Ingen av studiene tyder på at ACC eller FCW fører til mindre distraksjon eller bedre oppmerksomhet.

Reaksjonstider: Hvordan ACC påvirker førernes reaksjonstider i kritiske situasjoner, er undersøkt av:

Bianchi Piccinini et al., 2015: Simulator (ACC)
 Marsden et al., 2001: Forsøk i ekte trafikk (ACC)
 Merat & Jamson, 2009: Simulator (ACC)
 Rudin-Brown & Parker, 2004: Baneforsøk (ACC)
 Shen & Neyens, 2014: Simulator (ACC)
 Vollrath et al., 2011: Simulator (ACC)
 Young & Stanton, 2007: Simulator (ACC)

Alle studiene viser at førere med ACC i gjennomsnitt har **lengre reaksjonstider** i kritiske situasjoner. Dette forklares med at førerne i større grad er distraheret og at de i mindre grad følger med i trafikkbildet, slik at de blir mer overrasket i situasjoner som krever en umiddelbar reaksjon. Resultatene er altså konsistente med resultatene for oppmerksomhet og distraksjon. Studien er forholdsvis gamle, men det finnes ingen grunn til å tro at nyere systemer har andre virkninger da de fortsatt (tilsynelatende) avlastet føreren fra deler av bilkjøringen.

Tidsluker: Hvordan ACC påvirker tidsluker (avstander til forankjørende, målt i sekunder) er undersøkt av:

Benmimoun et al., 2013: Kjøring i trafikk (ACC+FCW)
 Cicchino & McCartt, 2014: Intervju (ACC+FCW)
 Hoedemaeker & Brookhuis, 1998: Simulator (ACC)
 Schakel et al., 2017: Kjøring i trafikk (ACC)
 Varotto et al., 2018: Forsøk i ekte trafikk (ACC)
 Varotto et al., 2022: Forsøk i ekte trafikk (ACC)
 Vollrath et al., 2011: Simulator (ACC)

Fem av de syv studiene viser at førere med ACC i gjennomsnitt kjører med større tidsluker eller sjeldnere med veldig korte tidsluker, noe som er positivt for sikkerheten. En av disse studiene viser i tillegg at det er færre brå nedbremsinger med ACC (her i kombinasjon med FCW og ved kjøring på motorveg; Benmimoun et al., 2013).

De øvrige to studiene viser det motsatte, at førere med ACC i gjennomsnitt kjører med kortere tidsluker. I praksis vil virkningen på tidsluker avhenge av innstillingene i systemet. Virkningen på tidsluker kan derfor være forskjellig for ulike systemer.

Fart: Hvordan kjøring med ACC påvirker fart, er undersøkt av:

Benmimoun et al., 2013: Nat. driving (ACC+FCW)
 Haus et al., 2022: Nat. driving (ACC)
 Hoedemaeker & Brookhuis, 1998: Simulator (ACC)
 Koglbauer et al., 2017: Simulator med simulert vinter- og sommerføre (ACC)
 Marsden et al., 2001: Forsøk i ekte trafikk (ACC)
 Monfort et al., 2022: Kjøring i trafikk (ACC)
 Muhrer et al., 2012: Simulator (ACC)

⁹ Aktiviteter som ikke er relatert til bilkjøringen som f.eks. å bruke mobiltelefonen eller å spise.

Hvordan påvirker førerstøttesystemene ulykkesrisikoen?

Nodine et al., 2019: Kjøring i trafikk (FCW+AEB)
Penttinen & Luoma, 2020: Spørreundersøkelse (ACC)
Varotto et al., 2018: Forsøk i ekte trafikk (ACC)
Varotto et al., 2022: Forsøk i ekte trafikk (ACC)
Vollrath et al., 2011: Simulator (ACC)

Resultatene spriker. Av de ti studiene er det seks hvor førere med ACC har lavere fart og fire hvor farten øker eller hvor førerne oftere kjører over fartsgrensen. Monfort et al. (2022) viser at førere ofte stiller inn en fart som ligger over fartsgrensen.

Sideplassering: Hvordan ACC påvirker bilenes plassering i kjørefeltet, er undersøkt av:

Rudin-Brown & Parker, 2004: Baneforsøk (ACC)
Shen & Neyens, 2014: Simulator (ACC)

Begge studiene viser at **sideplasseringen er dårligere** med ACC, dvs. at førere oftere krysser midtlinjen og/eller at det er større variasjon i sideplasseringen. Shen og Neyens (2014) viser også at rattutslag i gjennomsnitt er større, dvs. at førere kjører mer ujevnt. Slike funn har trolig sammenheng med at førere er mer distraherete med ACC.

Potensiale for ulykker eller konflikter: For ACC er det i en simulatorstudie funnet økt risiko for (simulerte) ulykker (Bianchi Piccinini et al., 2015).

Opplevd belastning: Førere opplever det som mindre anstrengende å kjøre med ACC enn uten (De Winter et al., 2014; Eichelberger & McCartt, 2014) og de opplever høyere komfort med ACC (Penttinen & Luoma, 2020).

Hvor anstrengende det oppleves å kjøre med ACC, varierer imidlertid mellom ulike typer veg og føre (Koglbauer et al., 2017).

Førernes forståelse av systemene: ACC kan teoretisk påvirke sikkerheten negativt når førere mangler kunnskap eller har feilaktige forestillinger av hvordan systemet fungerer og hvilke begrensninger det har (Eby et al., 2016).

Flere studier viser at førere har lite kunnskap om ACC, uansett om de eier en bil med ACC eller ikke (DeGuzman & Donmez, 2021), og at mange ikke oppsøker informasjon om førerstøttesystemene før de kjøper bil (Kaye et al., 2022). I studien til Eichelberger og McCartt (2014) var hver femte fører forvirret og visste ikke hvilke av førerstøttesystemene i bilen som var aktivert og hvordan disse fungerte. Likevel hadde de aller fleste slått på ACC og ønsket å ha det på sin neste bil (Eichelberger & McCartt, 2014).

Systemsvikt: I en simulatorstudie viser Nilsson et al. (2013) at det er flere (simulerte) ulykker når ACC bremses for lite enn når det ikke fungerer i det hele tatt. Dette forklares med at det er lettere for førere å legge merke til at bilen ikke bremses ned i det hele tatt, enn at nedbremsingen er for svak. At førerprestasjoner synker når et system som automatiserer kjøringen svikter, er et generelt funn i mange studier (Mahr et al., 2010).

Bruk av ACC: Flere studier fra USA viser at førere av biler med ACC for det meste har systemet slått på (Eichelberger & McCartt, 2014; Reagan et al., 2016, 2018). I de to studiene til Reagan et al. var det henholdsvis 93 og 99 prosent av bilene med ACC som ble levert på verkstedet hvor systemet var slått på. I de fleste bilene var fabrikkinnstillingene brukt, dvs. at førerne ikke hadde gjort noen endringer.

I Finland fant Penttinen og Luoma (2020) lavere andeler. Andelene førere som oppgir at de bruker ACC, er størst (mellom 60 og 70 prosent) i lett trafikk på flate veger. Andelene er betydelig lavere i tett trafikk (ca. 30 prosent), på svingete veger (ca. 40 prosent) og under vanskelige føreforhold (ca. 25 prosent). Dette er basert på en spørreundersøkelse hvor førere ble spurt om under hvilke forhold de pleier å kjøre med ACC.

4.2.4 Utbredelse av Adaptive Cruise Control (ACC)

Adaptive Cruise Control (ACC) er ikke blant tiltakene som er eller blir obligatorisk på nye biler i 2022/2024. I 2023 selges trolig minst halvparten av alle nye biler med ACC.

Tabell 3 viser hvordan andelen av alle nye biler som har ACC, har utviklet seg over tid. Resultatene er basert på ulike kilder, hvorav de fleste er fra Norge (se avsnitt 2.3). Resultatene er ikke helt konsistente mellom de ulike kildene. Dette kan bl.a. skyldes ulike metodologiske tilnærminger og at ulike typer tiltak er tatt med som «ACC».

Tabell 3: Utviklingen over tid av andelen av nye bilene som har ACC (lysegrønn = gjelder i Norge).

År	Andel av nye biler	Beskrivelse / kommentar (i Norge hvis ikke annet er oppgitt)	Kilde
Ca. 2010	4 %	De første bilene med ACC kommer på markedet	Høye, 2020
2014	20 %	Nye biler solgt med ACC	Høye, 2020
2018	72 %	Nye biler solgt med ACC	Høye, 2020
2019	27 %	0-3 år gamle biler i Finland med ACC (spørreundersøkelse) (i tillegg sier 61 prosent at bilen har «tradisjonell Cruise Control» - muligens har noen av disse faktisk ACC?)	Penttinen & Luoma, 2020
2018-2022	60 %	Nye biler med ACC som standard <u>eller</u> <u>opsjon</u>	Jenssen et al., 2023
2023	46 %	Andel av alt trafikkarbeid (personbiler) med ACC	Høye, 2020
		ACC er <u>ikke</u> blant de obligatoriske tiltak på nye kjøretøy	EC, 2022

4.3 Kollisjonsvarsling (FCW) og automatisk nødbrems (AEB)

Dette avsnittet omhandler to systemer som ofte er koblet sammen og som begge skal redusere risikoen for påkjøring bakfra-ulykker og eventuelt andre ulykker hvor bilen kjører på et annet kjøretøy eller fast objekt:

- Kollisjonsvarsling (Forward Collision Warning, **FCW**)
- Automatisk nødbrems (Automatic Emergency Brake, **AEB**)

Påkjøring bakfra-ulykker skjer ofte når førere kjører med for liten avstand til forankjørende og når førere er uoppmerksomme og ikke oppdager i tide når bilen foran bremses: Kollisjonsvarsling skal varsle føreren, mens automatisk nødbrems kan bremse ned bilen for å redusere risikoen for en kollisjon.

Automatisk nødbrems er obligatorisk på alle nye tunge kjøretøy siden 2013 og på alle nye personbiler fra 2022/2024 (jf. avsnitt 2.3). EUR-Lex (2022) beskriver det obligatoriske systemet slik:

‘advanced emergency braking system’ means a system which can automatically **detect a potential collision** and **activate the vehicle braking** system to decelerate the vehicle with the purpose of avoiding or mitigating a collision.

Vi omtaler her FCW og AEB i ett felles avsnitt da de ofte er kombinert og i de fleste empiriske studiene som har undersøkt virkningen av ett av systemene, er systemet kombinert med det andre systemene.

FCW finnes med og uten deteksjon av myke trafikanter som beveger seg foran kjøretøyet. Systemer som skal redusere risikoen for å kjøre på en fotgjenger eller syklist, er beskrevet i et eget avsnitt.

4.3.1 Beskrivelse av tiltaket

Kollisjonsvarsling (FCW) og automatisk nødbrems (AEB) skal henholdsvis varsle føreren (FCW) og bremse ned bilen (AEB) ved en nært forestående kollisjon. Dermed skal de redusere risikoen for påkjøring bakfra-ulykker og ev. andre ulykker hvor bilen kjører på et annet kjøretøy eller fast objekt.

Vi beskriver her generelle trekk ved kollisjonsvarsling og automatisk nødbrems, basert på informasjon fra salgsbrosjyrer og beskrivelsene av systemene av Euro NCAP¹⁰.

Kollisjonsvarsling (FCW)

Kollisjonsvarsling (Forward Collision Warning, **FCW**) varsler førere når bilen er på kollisjonskurs med et annet kjøretøy eller et objekt foran bilen. FCW baserer seg på informasjon om fart og avstand til biler eller andre objektet foran bilen, som systemet får med hjelp av ulike typer sensorteknologi (radar, kamera, laser, Lidar eller en kombinasjon av disse). Hvordan FCW varsler føreren, varierer mellom bilprodusenter; de fleste varsler med lyd og/eller symboler eller meldinger på et display.

Automatisk nødbrems (AEB)

Automatisk nødbrems (Automatic braking system, eller Automatic Emergency Brake, **AEB**), kan i en nødsituasjon bremse ned bilen for å unngå en kollisjon eller for å gjøre den mindre alvorlig. I motsetning til en nødbremseassistent (EBA; avsnitt 4.5), er AEB uavhengig av om føreren selv bremses eller ikke. AEB kan benytte ulike typer sensorer for å oppdage kritiske situasjoner foran bilen, som radar, kamera og LIDAR. AEB er som regel kombinert med FCW, dvs. at systemet varsler føreren i kritiske situasjoner, og deretter begynner å bremse.

I løpet av de siste årene har det vært en del tekniske utviklinger. Nyere AEB-systemer kan bl.a. oppdage flere objekter som for eksempel fotgjengere, syklistene og motorsykler. De kan også oppdage objekter i større avstand og ikke lenger bare rett foran bilen.

AEB-systemer fra ulike produsenter kan være forskjellige mht. hvor kraftige nedbremsinger systemet kan gjøre, om bilen akselererer etter å ha bremses ned og ut fra hvilken sensorinformasjon, samt hvordan og i hvilke situasjoner føreren varsles eller bilen bremses ned. For eksempel varsler noen systemer kun for forankjørende, mens andre også varsler for kryssende kjøretøy og / eller faste hindre. Terskler for når det varsles og bremses (hvor nært forestående en kollisjon må være) kan også være forskjellige.

Tidligere AEB-systemer ble ofte delt inn i to typer: AEB som fungerer ved lav fart (typisk bykjøring) og som er basert på kamera- eller LIDAR-teknologi, og AEB som fungerer ved høyere fart (typisk landeveis- og motorvegkjøring) og som er basert på en kombinasjon av radar- og kamerateknologi. Som følge av utviklingen i sensorteknologien er skillet mellom de to typene AEB blitt mindre tydelig og de fleste systemer fungerer nå både ved lav og høy fart. Euro NCAP sluttet å skille mellom AEB-systemer for lav og høy fart i 2020 (fotgjenger-AEB vurderes fortsatt separat).

Euro NCAP tester AEB i følgende situasjoner i 2023:

- Forankjørende bil bremses (siden 2020)
- Bil nærmer seg en saktere kjørende bil (siden 2020)
- Bilen nærmer seg en stillestående bil (siden 2020)
- Bilen svinger til venstre ved møtende trafikk (siden 2020)
- Møtende bil i eget kjørefelt (siden 2023)
- Kryssende bil fra venstre (siden 2023).

¹⁰ <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/aeb-car-to-car/> (besøkt august 2023)

Automatisk nødbrems (AEB) på tunge kjøretøy

AEB på tunge kjøretøy kunne tidligere slå av, og mange førere gjorde det for å kunne kjøre med mindre avstand til forankjørende (avsnitt 4.3.3). Kravene til AEB på nye tunge kjøretøy er derfor endret slik at føreren bare kan slå det av i 15 minutter om gangen (ETSC, 2022). I tillegg må systemene kunne gjøre kraftigere nedbremsinger, samt at de må kunne starte nedbremsingen uten å varsle først (tidligere var kravet at systemer varsler 1,4 sek. før det begynner å bremse). Systemene må også kunne bremse for fotgjengere og syklister (avsnitt 4.4).

4.3.2 Virkning på ulykker

Kollisjonsvarsling (FCW) og automatisk nødbrems (AEB) reduserer det totale antall ulykker med rundt 10-15 prosent, både alene og i kombinasjon. Ulykker med påkjøring bakfra er redusert med 40 prosent i biler som har både FCW og AEB. Som enkelttiltak har AEB større effekt på påkjøring bakfra (-30 prosent) enn FCW (-23 prosent).

Empiriske ulykkesstudier av automatisk nødbrems (AEB, personbiler)

Vi har funnet 13 empiriske studier som har undersøkt virkningen av kollisjonsvarsling (FCW) og/eller automatisk nødbrems (AEB) på ulykkesinnblandingen, enten hver for seg eller i kombinasjon:

- Rizzi et al., 2014 (Sverige)
- Doyle et al., 2015 (Storbritannia)
- Fildes et al., 2015 (6 land)
- Cicchino, 2016A,B (USA)
- Isaksson-Hellman & Lindman, 2016 (Sverige)
- Cicchino, 2017A (USA)
- Budd et al., 2020 (Australia, New Zealand)
- HLDI, 2020 (USA)
- Newstead et al., 2020 (Australia)
- Leslie et al., 2021 (USA)
- Spicer et al., 2021A (USA)
- Teoh, 2021 (USA)
- Cicchino, 2023 (USA)

I tillegg foreligger flere rapporter om ulykkesinnblandingen blant biler med og uten FCW:

- HLDI, 2012A: Mercedes
- HLDI, 2011A: Acura
- HLDI, 2012C: Volvo
- HLDI, 2014: Honda Accord
- HLDI, 2019: BMW

Resultatene er oppsummert i Tabell 4.

Tabell 4: Virkninger av ACC, FCW og AEB på antall ulykker i prosent (95-prosent-konfidensintervaller i parentes)

Ulykkestype	Kollisjonsvarsling (FCW) alene	Automatisk nødbrems (AEB) alene	FCW og AEB
Alle ulykker	-12 (-17; -7)	-15 (-21; -8)	-11 (-16; -6)
Forsikringsmeldte skader (alle ulykker)	-4 (-9; ±0)		
Påkjøring bakfra (alle)	-23 (-36; -7) ^a	-30 (-42; -16)	-41 (-45; -37) ^a
Påkjøring bakfra (aktiv)	-24 (-30; -17)	-36 (-41; -30)	-49 (-53; -44)
Påkjøring bakfra (passiv)	-11 (-23; +2)	-4 (-26; +23)	+20 (+4; +38) ^a
Eneulykker	-37 (-58; -5) ^a	-14 (-32; +11) ^a	
Ulykker med fotgjengere / syklister	+33 (-31; +156) ^a	+5 (-9; +21)	

For kollisjonsvarsling (**FCW**) ble det funnet en nedgang av det totale antall ulykker på 12 prosent, men ingen stor eller signifikant effekt på forsikringsmeldte skader (-4 prosent).

Virkingen av FCW er omtrent dobbelt så stor for påkjøring bakfra (-23 prosent) som er den ulykkestypen hvor man i hovedsak forventer en nedgang. Her er virkingen størst for påkjøring bakfra hvor den aktuelle bilen er den aktive parten, dvs. er den som kjører bakfra på en annen bil. Også ulykker hvor den aktuelle bilen er den passive parten, dvs. blir påkjørt bakfra av en annen bil, er redusert.

For eneulykker ble det funnet en nedgang, mens det for ulykker med fotgjengere og syklister ble funnet en økning. Disse virkningene er basert på få studier og usikre. Dvs. at de kan være resultat av tilfeldigheter i datamaterialet. En mulig forklaring på virkingen på eneulykker er at FCW reduserer risikoen for ulykker hvor bilen kjører på et fast objekt. De fleste ulykker er imidlertid utforkjøringer og det er usikkert hvordan FCW kan tenkes å påvirke slike ulykker.

For automatisk nødbrems (**AEB**) ble det funnet noe større ulykkesreduksjoner enn for FCW, både for alle ulykker og for påkjøring bakfra.

En av ulykkesstudiene (Spicer et al., 2021B) har undersøkt virkninger av AEB blant ulike førere og under ulike forhold. Resultatene viser at virkingen av AEB er større:

- Blant yngre enn blant eldre førere
- Under gode vær- og føreforhold enn i regn- eller snøvær og på våt eller snødekt veg
- Blant lovlydige førere enn blant førere som kjører for fort, er beruset eller ikke bruker bilbelte.

For **AEB i kombinasjon med FCW** er effekten på påkjøring bakfra større enn for de to enkelttiltakene.

Resultatene viser imidlertid en økning av påkjøring-bakfra ulykker hvor den aktuelle bilen er den passive part. Dvs. at biler med AEB og FCW oftere blir påkjørt bakfra enn biler uten AEB og FCW. Dette er basert på to studier (Cicchino, 2017; Teoh, 2021).

I praksis vil risikoen for å bli påkjørt bakfra, avhenge av systeminnstillingene og hvordan føreren reagerer på kollisjonsvarsler (Cicchino, 2017):

- FCW og AEB kan føre til flere brå nedbremsinger, enten som følge av systeminnstillingene eller førerens nedbremsing når kollisjonsvarslingen er aktiv, noe som kan føre til flere ulykker hvor bilen blir påkjørt bakfra
- FCW og AEB kan føre til tidligere og mykere nedbremsinger, som kan føre til færre slike ulykker.

Automatisk nødbrems (AEB) på tunge kjøretøy

En studie fra Tyskland har funnet en stor ulykkesreduserende effekt av AEB på lastebiler. Antall ulykker hvor et tung kjøretøy har kjørt på et annet kjøretøy bakfra, er redusert med 37 prosent (statistisk signifikant) (Petersen et al., 2020; Straßgütli & Sander, 2021).

Studien viser videre at en stor andel av biler som er påkjørt bakfra av lastebiler, hadde kjørt sakte (under 10 km/t) eller stått stille. Det tyder på at mange slike ulykker skjer når en lastebilfører for sent legger merke til at han kjører mot slutten av en stillestående eller saktegående kø.

Teoretisk mulige virkninger av automatisk nødbrems (AEB, personbiler)

Det er gjort en rekke studier som har estimert teoretisk mulige virkninger av AEB, enten alene eller i kombinasjon med kollisjonsvarsling (FCW) og/eller ACC, på antall ulykker eller skader. Slike studier kan være basert på ulykkesstatistikk og ulykkesanalyser, rekonstruksjoner eller simuleringer av ulykker, eller Field Operational Tests (såkalt naturalistisk kjøring).

Resultater fra slike studier er oppsummert av Høye et al. (2015). Resultatene spriker, men alt i alt tyder de på at virkningen er størst i påkjøring bakfra-ulykker, og noe mindre i eneulykker med påkjøring av et fast objekt på eller ved vegen. Noen studier viser en tendens til større virkninger i mer alvorlige ulykker, men dette er inkonsistent mellom studiene.

Basert på studien til Høye et al. (2015) viser Tabell 5 estimerte anslag på den samlede virkningen på antall personskadeulykker og antall drepte og hardt skadde (D/HS) i personbiler i Norge. Virkningene på antall ulykker og D/HS er basert på de estimerte virkningene i de enkelte ulykkestypene, samt andelen av ulykkestypene blant alle ulykker i Norge.

Tabell 5: Teoretisk mulige virkninger av automatisk nødbrems (AEB) i enkelte ulykkestyper, andelen av antall drepte og hardt skadde (D/HS) og personskadeulykker (Psu) i de enkelte ulykkestypene og virkninger på det totale antall D/HS og Psu (Høye et al., 2015).

	Teoretisk effekt i ulykkestype	D/HS		Psu	
		Andel av alle	Virkning på alle	Andel av alle	Virkning på alle
Påkjøring bakfra	-35 %	4,8 %	-1,7 %	25,6 %	-9,0 %
Eneulykker, påkjøring av fast objekt på vegen	-20 %	0,5 %	-0,1 %	0,7 %	-0,1 %
Eneulykker, påkjøring av fast objekt ved siden av vegen	-10 %	29,4 %	-2,9 %	24,5 %	-2,5 %
Sidekollisjoner, kryssende kjøreretninger	-5 %	2,5 %	-0,1 %	5,2 %	-0,3 %
Øvrige kollisjoner mellom to kjøretøy, unntatt møteulykke/sidekollisjon i samme kjøreretning	-10 %	4,5 %	-0,5 %	7,5 %	-0,8 %
Alle ulykker			-5,3 %		-12,6 %

Det er forutsatt at virkningene i de enkelte ulykkestypene er de samme for drepte/hardt skadde (D/HS) og personskadeulykker. Forskjellene i virkningene på D/HS og personskadeulykker («Virkning på alle») skyldes kun forskjeller i fordelingen av ulykkestypene. Virkningen på personskadeulykker er betydelig større enn virkningen D/HS fordi påkjøring bakfra utgjør en langt større andel av alle personskadeulykker enn av alle D/HS. Sammenlagt tyder resultatene på at AEB kan redusere antall personskadeulykker med 12,6 prosent og antall D/HS med 5,3 prosent.

4.3.3 Virkning på føreratferd

Kollisjonsvarsling (FCW) fører til at førere i gjennomsnitt kjører med større tidsluker og at de har kortere reaksjonstider i kritiske situasjoner, noe som tyder på lavere risiko. FCW har også vist seg å redusere antall konflikter. For FCW i kombinasjon med fartsvarsling er det i én studie funnet større variasjon i sideplasseringen, noe som tyder på økt distraksjon.

Vi har ikke funnet studier som har undersøkt hvordan automatisk nødbrems (**AEB**) påvirker føreratferd blant personbilførere. Det er lite overraskende da AEB i normale kjøresituasjoner ikke gjør seg bemerket. Dermed kan man ikke forvente at førere i stor grad er bevisst på at bilen de kjører, har AEB.

På nye lastebiler og busser er AEB obligatorisk siden 2013. Det viste seg at førere ofte slår systemet av for å kunne kjøre med kortere avstand til forankjørende (ETSC, 2022).

For kollisjonsvarsling (FCW) har vi funnet en rekke studier som har undersøkt virkninger på føreratferd.

Oppmerksomhet og distraksjon: Reinmueller et al. (2020) viser i en simulatorstudie at adaptiv FCW fører til atferdstilpasning, ved at førere i større grad utfører sekundæroppgaver enn med vanlig FCW. Adaptiv FCW tar hensyn til førerens oppmerksomhetsnivå og varsler føreren når det finner tegn på distraksjon.

Reaksjonstider: Hvordan ACC og FCW påvirker førernes reaksjonstider i kritiske situasjoner, er undersøkt av:

Chen et al., 2011: Simulator: FCW i kryss

Bao et al., 2012: Naturalistisk kjøring, lastebilførere, FCW

Fisher et al., 2016 : Naturalistisk kjøring, FCW

Alle tre studiene viser at førerne med FCW i gjennomsnitt har **kortere reaksjonstider** i kritiske situasjoner enn uten FCW. Dette tyder på at systemet virker etter hensikten.

Reaksjonstider kan derimot **øke** i situasjoner hvor systemer ikke varsler, selv om det burde ha varslet. Dette tyder på at førere kan ha for mye tillit til systemet (Navarro et al., 2017).

Tidsluker: Hvordan FCW påvirker tidsluker (avstander til forankjørende, målt i sekunder) er undersøkt av:

Adell et al., 2011: Forsøk i ekte trafikk, FCW + fartsvarsling

Bao et al., 2012: Naturalistisk kjøring, lastebilførere, FCW

Benmimoun et al., 2013: Naturalistisk kjøring, ACC+FCW

Cicchino & McCartt, 2014: Intervju, ACC+FCW

Jermakian et al., 2017: Naturalistisk kjøring (unge førere), FCW

Nodine et al., 2019: Naturalistisk kjøring, FCW+AEB

Regan et al., 2006: Forsøk i ekte trafikk, FCW

Reinmueller et al., 2020: Simulator, FCW, adaptive vs. not adaptive

Zhu et al., 2020: Naturalistisk kjøring, FCW

Av de fire studiene som har undersøkt virkninger av FCW alene (uten ACC eller fartsvarsling) er det tre som viser at førere med FCW i gjennomsnitt kjører med **større tidsluker**, noe som vil være bra for sikkerheten. De fjerde studien (Jermakian et al., 2017) fant derimot kortere tidsluker ved kjøring med FCW.

Tre av studiene som har undersøkt virkninger av FCW i kombinasjon med enten ACC eller fartsvarsling har funnet **større tidsluker**. Én studie fant uendrede tidsluker (Nodine et al., 2019). Resultatene fra sistnevnte studie gjelder endringer over tid i løpet av forsøket som varte i opptil ett år, dvs. at de ikke sier noe om kjøring med vs. uten FCW og AEB.

For adaptiv FCW som tar hensyn til førerens oppmerksomhetsnivå, ble det funnet **kortere tidsluker**.

Sideplassering: Hvordan FCW påvirker bilenes plassering i kjørefeltet, er undersøkt av Adell et al. (2011). I denne studien er det gjort forsøk i ekte trafikk hvor FCW var kombinert med fartsvarsling. Resultatene viser at variasjon i sideplasseringen øker med FCW og fartsvarsling. Økt variasjon i sideplasseringen tolkes som regel som et tegn på økt distraksjon.

Ulykker eller konflikter: Flere studier har undersøkt hvordan FCW kan påvirke konflikter i ekte trafikk eller ulykker i kjøresimulator:

- Chen et al., 2014: Simulator, FCW
- Fisher et al., 2016: FOT, FCW
- Nodine et al., 2019: FOT, FCW og AEB

I alle studiene er det funnet positive sikkerhetseffekter av FCW med store reduksjoner av både konflikter og simulerte ulykker.

4.3.4 Utbredelse av FCW og AEB

AEB er obligatorisk på alle nye lette kjøretøy fra 2024 (for typegodkjenning fra 2022). I 2023 er godt over halvparten av alle nye bilene solgt med AEB og trolig også med FCW. På nye tunge kjøretøy er AEB obligatorisk siden 2013.

Kollisjonsvarsling (FCW): Tabell 6 viser hvordan andelen av alle nye bilene med FCW har utviklet seg over tid. Resultatene er basert på ulike kilder, men de færreste er fra Norge (se avsnitt 2.3).

Tabell 6: Utviklingen over tid av andelen av nye bilene som har FCW (lysegrønn = gjelder i Norge).

År	Andel av nye biler	Beskrivelse / kommentar (i Norge hvis ikke annet er oppgitt)	Kilde
2017	<2 %	Nye biler med FCW i Australia	Budd et al., 2020
2018-2022	73 %	Nye biler med FCW som standard eller opsjon	Jenssen et al., 2023
2019	11 %	Registrerte biler med FCW i USA	HLDI, 2020
2024	28-32 %	Registrerte biler med FCW i USA	HLDI, 2020

Automatisk nødbrems (AEB): Tabell 7 viser hvordan andelen av alle nye bilene som har AEB har utviklet seg over tid. Resultatene er basert på ulike kilder, hvorav de fleste er fra Norge (se avsnitt 2.3).

Tabell 7: Utviklingen over tid av andelen av nye bilene som har AEB (lysegrønn = gjelder i Norge).

År	Andel av nye biler	Beskrivelse / kommentar (i Norge hvis ikke annet er oppgitt)	Kilde
Ca. 2010	4 %	De første bilene med AEB kommer på markedet	Trafikksikkerhetshåndboken
Ca. 2012		De første bilene med AEB for personbiler kommer på markedet i Australia	Budd et al., 2020
2013		AEB obligatorisk på alle tunge kjøretøy	ETSC, 2022
2014	20 %	Nye biler solgt med AEB	Høye, 2019
2017	35-40 %	Nye biler i Australia med AEB (lav hastighet)	Budd et al., 2020
2017	10-15 %	Nye biler i Australia med AEB (høy hastighet)	Budd et al., 2020
2018	72 %	Nye biler solgt med AEB	Høye, 2019
2019	42 %	0-3 år gamle biler i Finland med AEB (spørreundersøkelse)	Penttinen & Luoma, 2020
2019	8 %	Registrerte biler med AEB i USA	HLDI, 2020
2018-2022	83 %	Nye biler med AEB (lav hastighet) som standard eller opsjon	Jenssen et al., 2023
2018-2022	43 %	Nye biler med AEB (høyhastighet) som standard eller opsjon	Jenssen et al., 2023
2023	51 %	Andel av alt trafikkarbeid (personbiler) med AEB	Høye, 2019
2024	25-30 %	Registrerte biler med AEB i USA	HLDI, 2020
2022/2024	100 %	AEB er obligatorisk på alle nye lette kjøretøy fra 2024 (for typegodkjenning fra 2022)	Eur-Lex, 2022 (se avsnitt 2.3)

4.4 Varsling for myke trafikanter

Varsling for myke trafikanter skal redusere risikoen for at bilen kjører på fotgjengere eller syklister som befinner seg foran bilen, eller redusere skadegraden i slike ulykker. Systemet er ofte en tilleggsfunksjon til kollisjonsvarslingssystemer. Det er ofte kombinert med automatisk nødbrems (AEB), og i noen tilfeller med automatisk nødstyring (AES).

4.4.1 Beskrivelse av tiltaket

Varsling for myke trafikanter skal forhindre ulykker med fotgjengere og/eller syklister ved å varsle føreren, samt ev. ved å bremse bilen (AEB) eller å styre unna.

Tiltak som er beskrevet i dette avsnittet, skal redusere risikoen for ulykker med fotgjengere eller syklister i ulike situasjoner og på ulike måter. Beskrivelsen av systemene her er i hovedsak basert på Euro NCAP (2023¹¹), samt beskrivelser av systemene på bilprodusenters websider. Slike systemer kan oppfylle ulike formål:

- **Oppdage** fotgjengere og eller syklister foran, ved siden av eller bak bilen, avhengig av formålet med systemet. Å oppdage syklister tidsnok er mer utfordrende da bilen må kunne «se» syklister i et større område, hvilket gir mindre tid til å reagere hensiktsmessig. Blant de 50 mest solgte bilmodellene i Norge i 2014 som hadde fotgjengervarsling med AEB som ekstrautstyr, kunne omtrent halvparten (fire av ni modeller) ifølge salgsbrosjyren også oppdage syklister. Enkelte modeller kan også oppdage motorsykler (f.eks. Toyota).
- **Varsle** føreren når bilen er på kollisjonskurs med en fotgjenger eller syklist, slik at den kan bremse eller styre unna.
- **Bremse** ned bilen med automatisk nødbrems (AEB), ev. helt til stillestående, for å unngå en kollisjon eller, når dette ikke er mulig, redusere farten slik at skadegraden blir mindre.
- **Styre** unna med «Automatic Emergency Steering» (AES) i situasjoner hvor en påkjørsel ikke lar seg unngå; med et slikt system kan bilen styre unna helt på egen hånd (ifølge Euro NCAP ved syklist-AEB med AES), eller det kan bli aktiv først når føreren begynner å styre unna (f.eks. hos Mercedes Benz).

Vårt søk etter eksempler viste at fotgjengervarsling som regel er en del av kollisjonsvarsling med automatisk nødbrems (FCW/AEB). Teknologien for å oppdage biler og fotgjengere kan være forskjellig (radar / kamera). Både varsling og bremsing fungerer imidlertid på samme måte for fotgjengere, syklister, andre biler og stillestående hindre.

Tester av fotgjengervarsling med AEB (IIHS¹², AAA¹³) viser at de fleste systemene klarer å oppdage de aller fleste fotgjengerne i dagslys, men at langt fra alle systemene klarer å bremse ned bilen tilstrekkelig for å forhindre en påkjørsel. Mange biler bremses ikke i det hele tatt, selv om de er koblet til AEB. Testene viser også at det er betydelig vanskeligere å oppdage fotgjengere i mørke enn i dagslys. Situasjoner hvor fotgjengere oppdages minst, er bl.a. når et barn kommer løpende fra mellom parkerte biler og når en fotgjenger krysser vegen foran bilen like etter at bilen har svingt til høyre eller venstre.

Euro NCAP: I testprogrammet Euro NCAP inngår separate vurderinger av AEB som bremses for fotgjengere og AEB som bremses, samt ev. styrer unna, for syklister.

¹¹ <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/> (besøkt august 2023)

¹² Insurance Institute for Highway Safety, <https://www.iihs.org/news/detail/few-vehicles-excel-in-new-nighttime-test-of-pedestrian-autobrake> (datert 2022)

¹³ American Automobile Association, <https://www.youtube.com/watch?v=rjdabZmR5Yc> (datert 2019)

- **Fotgjenger- AEB:** Automatisk nødbrems som oppdager og bremser for fotgjengere, testes i Euro NCAP testprogrammet i de følgende situasjonene:

- Bilen kjører rett fram, fotgjenger krysser foran bilen (gående eller løpende fra venstre eller høyre)
- Bilen kjører rett fram, fotgjenger går langs vegen i samme retning som bilen
- Bilen kjører rett fram, et barn løper på vegbanen mellom parkerte biler
- Bilen svinger til venstre, fotgjenger krysser vegen bilen svinger inn i.

Noen av testene gjøres i mørke, i tillegg til i dagslys. Ved testingen gis poeng for fotgjenger-AEB kun når bilen i tillegg har en front som er utformet slik at den påfører fotgjengere minst mulig skade ved en påkjørsel. Dette fordi fotgjenger-AEB i mange tilfeller kan redusere farten, men ikke forhindre kollisjonen.

- **Syklist-AEB** som i tillegg kan være koblet til AES, testes i Euro NCAP testprogrammet i de følgende situasjonene:

- Bilen kjører rett fram, syklist sykler i samme retning foran bilen, på høyre siden av vegen
- Bilen kjører rett fram, syklist krysser vegen foran bilen
- Bilen svinger til høyre eller venstre, syklist krysser vegen bilen svinger inn i
- Bilen skal krysse en veg med gateparkering på den siden bilen kommer fra, syklist sykler på vegen bilen skal krysse slik at den, sett fra bilførerens perspektiv, kommer i kryssende retning fra bak de parkerte bilene.

4.4.2 Virkning på ulykker

Empiriske studier viser at fotgjengervarsling med automatisk nødbrems reduserer antall fotgjengerulykker med 24 prosent. Det er ikke funnet noen effekt av syklistvarsling med automatisk nødbrems på kollisjoner mellom bil og sykkel.

Vi har funnet fem studier som har undersøkt hvordan fotgjenger- og syklistvarsling påvirker ulykker med fotgjengere og/eller syklist:

Isaksson-Hellman & Lindman, 2019 (Sverige)

Wakeman et al., 2019 (USA)

Leslie et al., 2021 (USA)

Spicer et al., 2021 (USA)

Cicchino, 2022 (USA)

Fotgjengervarsling med AEB reduserer det totale antall fotgjengerulykker sammenlagt med 24 prosent (95-prosent konfidensintervall [-31; -17]). De aller fleste resultatene gjelder personskadeulykker. Det er ingen systematiske forskjeller mellom ulike skadegrader (Cicchino, 2022).

Chauvel et al. (2013) viser ved hjelp av dybdestudier og politirapportert ulykkesstatistikk at tiltaket potensielt kan forhindre omtrent 15 prosent av alle drepte fotgjengere og 38 prosent av alle alvorlig skadde fotgjengere som er påkjørt av personbiler.

Syklistvarsling med AEB har ikke vist seg å ha noen effekt på antall syklistpåkjørslar (+3% [-35; +62]). Resultatet er basert på kun én studie (Isaksson-Hellman & Lindman, 2019).

4.4.3 Virkning på føreratferd

Fotgjenger- og syklistvarsling med automatisk nødbrems (AEB) kan potensielt ha uheldige virkninger, både på ulykkesrisikoen og på interaksjoner mellom biler og fotgjengere / syklistere.

Vi har ikke funnet empiriske studier som har undersøkt virkningen av varsling for myke trafikanter med AEB på føreratferd i ekte trafikk.

Dersom førere stoler på at systemet alltid vil forhindre påkjørsler av fotgjengere/syklistere, kan dette føre til at førere blir mindre oppmerksomme på fotgjengere/syklistere eller at de tar større sjanser. Slike effekter vil kunne føre til lengre reaksjonstider og dermed større risiko for påkjørsler, spesielt i situasjoner hvor systemet ikke er effektivt.

Når det blir stadig flere biler som har fotgjenger-/syklistvarsling, kan dette også tenkes å påvirke fotgjengernes og syklistenes atferd. Dette vil avhenge av hvordan de opplever biler med slike førerstøttesystemer. Forsøk med automatiserte kjøretøy som alltid bremses for fotgjengere og syklistere, viste for eksempel at fotgjengere og syklistere blir langt mindre forsiktige. De kan også begynne å utnytte systemene, for eksempel ved at de krysser vegen foran en automatisert buss selv om de egentlig har vikeplikt, da det vet at bussen vil bremse (Parry, 2017).

4.4.4 Utbredelse av varsling for myke trafikanter

I 2023 selges trolig over to tredjedeler av nye biler med automatisk nødbrems (AEB) for fotgjengere. Andelen som selges med syklist-AEB er trolig noe lavere. Fotgjenger- og syklistvarsling er obligatorisk på alle nye tunge kjøretøy fra 2024 (for typegodkjenning fra 2022).

Tabell 8 viser hvordan andelen av alle nye biler som har ulike varianter av fotgjenger- og syklistvarsling har utviklet seg over tid. Resultatene er basert på ulike kilder, hvorav de fleste er fra Norge (se avsnitt 2.3).

Tabell 8: Utviklingen over tid av andelen av nye bilene med fotgjenger- og/eller syklist-AEB. Samtlige gjelder i Norge.

År	Andel av nye biler	Beskrivelse / kommentar (i Norge hvis ikke annet er oppgitt)	Kilde
2009		De første bilene med fotgjenger-AEB kommer på markedet	Høye, 2019
2010	4 %	Nye biler solgt med fotgjenger-AEB	Høye, 2019
2014	20 %	Nye biler solgt med fotgjenger-AEB	Høye, 2019
2018	65 %	Nye biler solgt med fotgjenger-AEB	Høye, 2019
2018-2022	81 %	Nye biler med fotgjenger-AEB som standard <u>eller opsjon</u>	Jenssen et al., 2023
2023	49 %	Av alt trafikkarbeid med fotgjenger-AEB (lette kjøretøy)	Høye, 2019
2022/2024	100 % (av tunge kjøret.)	Fotgjenger- og syklistvarsling er obligatorisk på alle nye tunge kjøretøy fra 2024 (for typegodkjenning fra 2022)	Eur-Lex, 2022 (se avsnitt 2.3)

4.5 Nødbremseassistent (EBA)

En nødbremseassistent (Emergency Brake Assist, EBA) forsterker bremseeffekten i situasjoner som krever kraftig nødbremming. Bakgrunnen er at førere i slike situasjoner ofte bremses for svakt. EBA har vært obligatorisk på alle nye biler i EU siden 2011 (på alle nye lette biler siden 2009)¹⁴.

¹⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Emergency_brake_assist

4.5.1 Beskrivelse av tiltaket

Nødbremseassistent (EBA) skal redusere ulykker hvor føreren bremses ved å øke bremskraften.

Nødbremseassistenter forsterker bremskraften i situasjoner hvor måten føreren bremses på, tyder på at det er en situasjon som krever kraftig nødbremming.

Til forskjell fra automatisk nødbremse (AEB), som reagerer på informasjon fra utenfor bilen, bruker en nødbremseassistent kun informasjon om hvordan føreren bremses. Dersom føreren bremses slik at systemet tolker det som en nødbremming, forsterkes bremseseffekten slik at man oppnår en kortest mulig bremsesveg. EBA kan derimot ikke sette i gang en nedbremsing på egen hånd.

4.5.2 Virkning på ulykker

Nødbremseassistent (EBA) kan redusere antall alvorlige ulykker med omtrent fire prosent, men dette er et meget usikkert anslag og basert på få og metodologisk svake studier.

Det er kun få studier som har undersøkt hvordan EBA påvirker ulykkesinnblandingen¹⁵ og resultater spriker mellom studiene. Påkjøring bakfra og fotgjengerulykker kan være redusert med rundt 10 prosent. Basert på empiriske studier og studier som har estimert mulige effekter av EBA, har Høye (2015) anslått effekten av EBA på det totale antall drepte og hardt skadde i personbiler til en reduksjon på **3,7%**. Det er da antatt at omtrent halvparten av den teoretisk mulige effekten faktisk kan bli oppnådd, dvs. at halvparten av alle drepte og hardt skadde som teoretisk kan være påvirket av EBA, faktisk blir forhindret.

4.5.3 Virkning på føreratferd

Nødbremseassistent forventes ikke å påvirke føreratferd.

4.5.4 Utbredelse av nødbremseassistent i Norge

Nødbremseassistent (EBA) er obligatorisk på alle lette og tunge biler siden 2011 og på alle lette biler siden 2009. I 2023 gjøres omtrent 90 prosent av alt trafikkarbeid med personbiler av biler med EBA.

Tabell 9 viser hvordan andelen av alle nye bilene som har EBA har utviklet seg over tid. Resultatene er basert på ulike norske kilder (se avsnitt 2.3).

Tabell 9: Utviklingen over tid av andelen av nye bilene som har EBA. Samtlige gjelder i Norge.

År	Andel av nye biler	Beskrivelse / kommentar (i Norge hvis ikke annet er oppgitt)	Kilde
Ca. 1996		De første bilene med EBA kommer på markedet	Breuer et al., 2007
2009	81 %	Nye biler solgt med EBA	Høye, 2020
2010	100 %	EBA er obligatorisk på alle lette kjøretøy i EU siden nov. 2009	Wikipedia
2011	100 %	EBA er obligatorisk på alle kjøretøy i EU siden februar 2011	Wikipedia
2023	Ca. 90 %	Andel av alt trafikkarbeid (personbiler) med EBA	Høye, 2020

¹⁵ Høye, A. (2023). 4.3 Bremseassistenter på lette kjøretøy. <https://www.tshandbok.no/del-2/4-kjoeretoeyteknikk-og-personlig-verneutstyr/doc675/>

4.6 Intelligent fartstilpasning (ISA)

Automatisk fartstilpasning (Intelligent Speed Assistance, ISA) er et førerstøttesystem som skal hjelpe føreren med å overholde gjeldende fartsgrense, og skal dermed redusere risikoen for ulykker i høy fart. Systemet er obligatorisk på alle nye personbiler fra 2022/2024 (jf. avsnitt 2.3). EUR-Lex (2022) beskriver systemet som følger¹⁶:

“... et system som hjelper føreren med å opprettholde en hastighet som er passende for vegmiljøet ved å gi dedikert og passende tilbakemelding.”

4.6.1 Beskrivelse av tiltaket

Intelligent fartstilpasning (ISA) skal forhindre eller redusere kjøring over fartsgrensen.

Intelligent fartstilpasning (ISA) forutsetter at bilen kjenner den aktuelle fartsgrensen. Fartsgrenseinformasjon kan komme enten fra GPS-informasjon om fartsgrenser fra digitale kart og/eller fra skiltgjenkjenning fra et kamera.

Det finnes ulike varianter av ISA. Euro NCAP (2018¹⁷) skiller mellom tre ulike nivåer:

- **Informerende:** Gir føreren informasjon om den aktuelle fartsgrensen
- **Varslende:** Varsler føreren når fartsgrensen overskrides. Varsler kan være visuelle, med lyd eller taktile (f.eks. vibrasjoner i gasspedalen)
- **Inngripende / aktiv:** Griper inn dersom bilen kjører over gjeldende fartsgrense.

Det siste kan videre deles inn i to ulike varianter:

- **Overstyrbare systemer:** Ved kjøring over fartsgrensen reduseres motorkraften og motstanden i gasspedalen øker, men det er fortsatt mulig å overstyre systemet ved å trække hardt ned på gasspedalen, og dermed kjøre over fartsgrensen
- **Ikke-overstyrbare systemer:** Det er ikke mulig å kjøre over fartsgrensen (såkalt tvingende ISA).

Det er overstyrbare ISA-systemer med mulighet for deaktivering som ble påbudt i nye biler i Europa og Norge fra 2022.

På de fleste bilmodeller med ISA som finnes i dag, må systemet aktivt skrues på av føreren. De fleste bilmodeller har også manuell kontroll, slik at det er mulig å stille inn ønsket fartsgrense manuelt, framfor å bruke skiltinformasjon.

ISA kan i tillegg være kombinert med ACC (iACC, se avsnitt om ACC). ISA inngår også ofte i såkalte auto-pilotsystemer (se avsnitt 4.12).

4.6.2 Virkning på ulykker

Hvordan intelligent fartstilpasning (ISA) påvirker antall ulykker, er meget usikkert. Estimerte ulykkeseffekter som er basert på hvordan ISA påvirker fart, spriker mellom studiene.

Det er ikke funnet studier som har undersøkt virkningen av ISA på antall ulykker i ekte trafikk. Man kan forvente at ISA reduserer antall ulykker da det fører til lavere fart blant dem som kjører over fartsgrensen uten ISA. I tillegg kan ISA redusere fartsvariasjon, noe som også kan ha en positiv effekt på trafikksikkerheten (Jiménez et al., 2012).

¹⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A32021R1958#:~:text=In%20accordance%20with%20Article%203,providing%20dedicated%20and%20appropriate%20feedback.>

¹⁷ <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/speed-assistance/>

Elvik (2023A) har oppsummert resultater fra studier som har estimert virkningen på ulykker ut fra virkninger som er funnet på fart. For alle studiene er det beregnet en øvre og en nedre grense for den mulige virkningen på antall ulykker. Disse er oppsummert for de ulike ISA-systemene og ulike skadegrader i Tabell 10. De estimerte virkningene er, som forventet, størst for ikke-overstyrbare systemer, også kalt tvingende ISA.

I en tidligere studie (Elvik & Høye, 2018) ble virkningen av tvingende ISA anslått til en reduksjon av antall drepte på 16 prosent og en reduksjon av antall drepte og hardt skadde på 15,8 prosent. Dette er basert på antakelser om fartsfordelingen og endringer i fartsfordelingen med ISA i Norge, samt hvordan disse påvirker antall drepte og hardt skadde ut fra eksponentialmodellen (Elvik, 2014).

Det er derimot ikke systematiske forskjeller i forventet retning mellom varslende eller overstyrbar ISA og mellom ulike skadegrader. Man ville ha forventet større virkninger på mer alvorlige skader da fart har betydelig sterkere sammenheng med mer alvorlige ulykker. Man ville også ha forventet større virkninger for overstyrbar enn for varslende ISA. At man ikke gjennomgående finner slike forskjeller, kan skyldes at resultatene er basert på relativt få studier som er gjort under ulike forhold og med ulike metoder.

Alt i alt må virkningene av ISA på antall ulykker betraktes som meget usikre, både fordi det ikke foreligger resultater fra ulykkesstudier og fordi resultatene fra studier av virkningen på fart spriker mye.

Ut fra generelle vurderinger kan man forvente at ISA har større effekt:

- Når systemet er mer inngripende
- Blant førere som i utgangspunktet kjører for fort
- Når førere har positive holdninger og/eller insentiver til å overholde fartsgrensen (Doecke et al., 2021; Matsuo et al., 2020).

Tabell 10: Estimerte virkninger på ulykker av ulike typer ISA; medianverdier av maksimale og minimale virkninger i parentes, gjennomsnitt av maks. og min. medianverdi i fet skrift.

	Varslende ISA	Overstyrbar ISA	Tvingende ISA
Drepte	-17 (-23; -10)		-29 (-36; -22)
Drepte / hardt skadde	-11 (-15; -6)		-18 (-19; -18)
Personskadeulykker	-7 (-12; -1)	-12 (-23; -2)	-30 (-48; -11)

4.6.3 Virkning på føreratferd

Varslende og inngripende ISA reduserer kjøring over fartsgrensen. Stor utbredelse av slike systemer kan i tillegg redusere fartsvariasjon. Inngripende ISA reduserer kognitiv arbeidsbelastning hos eldre førere, men ikke hos yngre førere. ISA kan ha noen uheldige effekter på føreratferd som økt distraksjon og frustrasjon, samt økt fart når systemet ikke er på.

Fart: Virkninger på fart er undersøkt i en rekke empiriske studier (Elvik, 2023). Det er slike studier som er lagt til grunn for å beregne mulige virkninger på ulykker i avsnittet over. Over tid kan virkningen på fart imidlertid bli mindre enn i begynnelsen. Empiriske studier viser at førere oftere overstyrer systemer (dvs. kjører over fartsgrensen) når de har kjørt med ISA over lengre tid enn når ISA er relativt nytt for dem.

ISA kan også påvirke farten til andre biler. To studier viser at fartsvariasjonen mellom bilene går ned og at det blir færre forbikjøringar når flere biler kjører med ISA (Jiménez et al., 2012; Ryan, 2019).

Kognitiv belastning: To studier har undersøkt hvordan inngripende ISA påvirker førerens mentale belastning («mental workload»), dvs. hvorvidt det blir mindre mentalt krevende å kjøre med ISA:

Mimura et al., 2017 (Japan): Simulator
Reagan & Bliss, 2013 (USA): Spørreundersøkelse

Resultatene viser at inngripende ISA reduserer kognitiv arbeidsbelastning hos eldre førere, men ikke hos andre førere (Mimura et al., 2017). På selvrapportert kognitiv belastning er det funnet liten eller ingen effekt (Reagan & Bliss, 2013).

Atferdstilpasning: ISA kan ha utilsiktede effekter på føreratferd. Resultater fra empiriske studier som har undersøkt slike effekter, er oppsummert av Ryan (2019). Mulige utilsiktede virkninger som er funnet, er:

- **Distrasjon** fra varslinger, især fra visuelle varslinger
- **Frustrasjon**, især ved kjøring med restriktive former for ISA
- **Økt fart** når ISA er slått av eller ikke aktiv
- **Kortere tidsluker** (avstander til forankjørende)
- **Overdreven tillit** til systemet; dette kan være kritisk bl.a. når føreren ikke blir oppmerksom på nedsatte fartsgrenser som ikke oppdages av systemet, eller når føreren overser andre trafikanter, eller endringer i veggeometrien eller føreforhold.

4.6.4 Utbredelse av ISA i Norge

Varslende ISA er obligatorisk på alle nye motorkjøretøy fra 2024 (for typegodkjenning fra 2022).

Tabell 11 viser hvordan andelen av alle nye biler med varslende ISA har utviklet seg over tid. Resultatene er basert på ulike kilder, hvorav de fleste er fra Norge (se avsnitt 2.3). Det er en stor forskjell i hvor mange nye biler som selges med varslende ISA i 2018 og 2019; det kan ha sammenheng med ulike datainnsamlingsmetoder eller ulike definisjoner av systemet.

Tabell 11: Utviklingen over tid av andelen av nye bilene med varslende ISA (lysegrønn = gjelder i Norge).

År	Andel av nye biler	Beskrivelse / kommentar (i Norge hvis ikke annet er oppgitt)	Kilde
2008		De første bilene med varslende ISA kommer på markedet	Høye, 2020
2009	2 %	Nye biler solgt med varslende ISA	Høye, 2020
2014	24 %	Nye biler solgt med varslende ISA	Høye, 2019
2018	40 %	Nye biler solgt med varslende ISA	Høye, 2019
2019	8 %	0-3 år gamle biler i Finland med ACC med fartstilpasning («speed limit adaptation») (spørreundersøkelse)	Penttinen & Luoma, 2020
2023	31 %	Av alt trafikkarbeid med varslende ISA (lette kjøretøy)	Høye, 2019
2022/2024	100 %	Varslende ISA er obligatorisk på alle nye kjøretøy fra 2024 (for typegodkjenning fra 2022)	Eur-Lex, 2022 (se avsnitt 2.3) / European Road Safety Charter ¹⁸

¹⁸ <https://road-safety-charter.ec.europa.eu/resources-knowledge/media-and-press/intelligent-speed-assistance-isa-set-become-mandatory-across>

4.7 Feltskiftevarsler (LDW), kjørefeltassistent (LKA) og kjørefeltholder (ELK)

Tiltak som er beskrevet i dette kapitlet, skal i hovedsak forhindre ulykker som skjer når førere utilsiktet forlater kjørefeltet. Det kan være både utforkjøring og møteulykker. I ulykker hvor føreren mister kontroll over bilen (f.eks. som følge av for høy fart i en kurve) og i ulykker hvor førere har til hensikt å skifte kjørefelt som f.eks. ved forbikjøring, kan derimot ikke forventes å bli påvirket av de fleste slike systemer.

4.7.1 Beskrivelse av tiltaket

Feltskiftevarsler (LDW) og lignende tiltak skal redusere risikoen for utforkjørings- og møteulykker hvor føreren utilsiktet forlater kjørefeltet.

Vi beskriver i dette kapitlet tre ulike systemer:

- Feltskiftevarsler (LDW)
- Kjørefeltassistent (LKA)
- Kjørefeltholder (ELK).

Forskjellen mellom de tre systemene er i hvilken grad og hvordan de kan påvirke bilens sideplassering. Det finnes imidlertid også forskjeller mellom ulike feltskiftevarslere, kjørefeltassistenter og kjørefeltholdere. Bl.a. er det forskjell på når og hvordan ulike systemer varsler føreren, hvordan de ev. aktivt påvirker bilens sideplassering, og hvilke krav de stiller til vegutformingen. Sistnevnte er beskrevet i kapittel 5.

Feltskiftevarsler (LDW) er obligatorisk på alle nye tunge kjøretøy siden 2015. Emergency Lane Keeping (ELK) er obligatorisk på alle nye personbiler fra 2022/2024 (jf. avsnitt 2.3).

EUR-Lex (2022) beskrives systemene slik:

Lane departure warning (LDW): "... a system to warn the driver that the vehicle is drifting out of its travel lane".

Emergency lane-keeping system (ELK): "... a system that assists the driver in keeping a safe position of the vehicle with respect to the lane or road boundary, **at least when a lane departure occurs or is about to occur** and a collision might be imminent"

Beskrivelsen av de ulike systemene i de følgende avsnittene er i hovedsak basert på kriteriene i Euro NCAP¹⁹ og eksemplene som er beskrevet i Vedlegg 3.

Ved kjøring med LDW, LKA eller ELK er føreren ikke fritatt fra ansvaret for å holde bilen innenfor kjørefeltet. For å forhindre at føreren stoler for mye på slike systemer, fungerer de i mange biler kun når føreren har hendene på rattet. Tar føreren hendene fra rattet i mer enn noen få sekunder, varsler bilen føreren om at han må ta hendene tilbake på rattet (se for eksempel systemene til Kia og Skoda i vedlegg 3). Gjør han ikke det, kan systemet slå seg av og bremse ned bilen (se for eksempel Tesla i vedlegg 3).

Systemer som kan holde bilen i kjørefeltet helt uten førerens medvirkning, kan være såkalte køpassister som regulerer sideplassering og fart i lave hastigheter, eller «autopiloter».

Feltskiftevarsler (Lane Departure Warning, LDW)

Feltskiftevarsler kan oppdage når bilen er i ferd med å krysse en kjørefeltlinje, som regel med hjelp av et kamera som «ser» kjørefeltoppmerkingen. Når systemet vurderer at dette ikke er førerens hensikt, kan

¹⁹ <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/lane-support/> (besøkt august 2023)

det varsle føreren. Hvorvidt kjørefeltskifte er førerens hensikt, vurderes ut fra bl.a. bruk av blinklys og rattutslag.

Varsling kan skje med lyd, visuelle symboler på instrumentpanelet, og/eller vibrasjon på rattet. Vår samling av eksempler i vedlegg 3 og tidligere gjennomganger av bilbrosjyrer tyder på at tidligere versjoner av LDW ofte varslet med lyd, mens nyere versjoner i hovedsak bruker vibrasjon på rattet. Varsling med lyd er for mange et stort irritasjonsmoment og fører til at mange heller slår av feltskiftevarsleren (se avsnitt 4.7.3 Virkninger på føreratferd).

Feltskiftevarsler fungerer i hovedsak ved høyere fart (f.eks. fra 65 km/t). Systemet kan slås av og det kan ha ulike valgmuligheter for både varsling (tidlig/sent, type, lydstyrke, ...) og sensitivitet (tidlig eller sen varsling).

Kjørefeltassistent (Lane Keeping Aid/Assist LKA)

Kjørefeltassistent (LKA), har de samme funksjonene som feltskiftevarsler, LDW, og det kan i tillegg gi moderat styrehjelp, slik at bilen holder posisjonen i kjørefeltet. De kan imidlertid ikke overta styringen helt. Registrer systemet at føreren er inaktiv, f.eks. at han ikke har hendene på rattet eller at bilen er i ferd med å kjøre av vegen, kan noen systemer i tillegg bremse.

På de fleste biler med LKA er systemet slått på når man skrur på bilen, men føreren kan selv aktivere og deaktivere systemet. De fleste LKA-systemer fungerer i hovedsak fra høyere hastigheter (f.eks. 50 eller 60 km/t).

Kjørefeltholder (Emergency Lane Keeping, ELK)

Kjørefeltholder, eller Emergency Lane Keeping (ELK), kan styre bilen tilbake i kjørefeltet i kritiske situasjoner. En kritisk situasjon vil typisk være at bilen er i ferd med å kjøre av veien, men også i situasjoner hvor føreren er i ferd med å foreta en potensielt farlig forbikjøring, f.eks. når det kommer en bil i høyere fart bakfra eller når det er møtende trafikk.

Systemet har mange likhetstrekk med kjørefeltassistent. Forskjellen er at kjørefeltassistent bare gir korrigerende input, mens kjørefeltholder i langt større grad kan overta styringen i kritiske situasjoner.

4.7.2 Virkning på ulykker

Feltskiftevarsler har i empiriske studier vist seg å redusere «relevante» ulykker, i hovedsak ene- og møteulykker samt sidekollisjoner i samme kjøreretning, med 10 prosent. For kjørefeltassistent er virkningen noe større (-15 prosent). For det totale antall ulykker er det imidlertid ikke funnet noen effekt; virkningene på relevante ulykker må derfor betraktes som usikre.

Feltskiftevarsler (LDW) og kjørefeltassistent (LKA) for personbiler

Vi har funnet ni studier som har undersøkt hvordan feltskiftevarsler og kjørefeltholder påvirker ulykkesrisikoen:

- Hickman et al., 2015 (USA)
- Sternlund et al., 2017 (Sverige)
- Cicchino, 2018A (USA)
- Isaksson-Hellman & Lindman, 2018 (Sverige)
- Leslie et al., 2019 (USA)
- HLDI, 2020 (USA)
- Leslie et al., 2021 (USA)
- Spicer et al., 2021A (USA)
- Dean & Riexinger, 2022 (USA)

Resultatene er oppsummert i Tabell 12.

Tabell 12: Virkninger av LDW og LKA på antall ulykker i prosent (95-prosent-konfidensintervaller i parentes).

Ulykkestype	Feltskiftevarsler, LDW	Kjørefeltassistent, LKA
Alle ulykker (forsikringsutbetalinger)	±0 (-3; +2)	
«Relevante ulykker» - Vid definisjon	-10 (-13; -8)	-15 (-24; -6)
«Relevante ulykker» - Spesifikk definisjon	-35 (-54; -7)	

Feltskiftevarsler: Kun én av studiene har undersøkt virkningen av LDW på alle ulykker (HLDI, 2020). Studien er basert på forsikringsutbetalinger for biler med og uten feltskiftevarsler, med kontroll for en rekke andre faktorer. I denne studien er det ikke funnet noen effekt, noe som ikke er konsistent med funnene for de «relevante» ulykkene.

De fleste studiene har undersøkt virkningen på «relevante ulykker» («target accidents»), dvs. ulykker som feltskiftevarsler er ment å forhindre. Vi skiller her mellom to ulike definisjoner av relevante ulykker:

- Vid definisjon: Alle ulykker av de aktuelle ulykkestypene, som regel eneulykker, møteulykker og sidekollisjoner i samme kjøreretning.
- Spesifikk definisjon: Ulykkene som omfattes av den vide definisjonen og som i tillegg skjedde under forhold hvor systemene kan påvirke utfallet.

For eksempel vil møteulykker under forbikjøring eller hvor føreren mistet kontroll over bilen, inngå i den vide, men ikke i den spesifikke definisjonen. Den konkrete definisjonen av relevante ulykker varierer en del mellom studiene.

Antall relevante ulykker i studier med den vide definisjonene går ned med 10 prosent med feltskiftevarsler og med 15 prosent med kjørefelt holder.

Antall relevante ulykker etter den spesifikke definisjonene går ned med 35 prosent med feltskiftevarsler. Virkningen er, som forventet, betydelig større enn for ulykker etter den vide definisjonen da den spesifikke definisjonen kun omfatter ulykker hvor LDW potensielt kan ha en effekt.

En faktor som bidrar til stor usikkerhet i resultatene er at man ikke vet hvor mange førere av biler med LDW som hadde systemet slått på da ulykkene skjedde. Dersom andelene er forskjellige mellom ulike studier, vil også resultatene være forskjellige.

Kjørefeltassistent: Antall relevante ulykker etter den vide definisjonene går ned med 15 prosent med kjørefelt holder. Denne virkningen er, som forventet, noe større enn for LDW.

Feltskiftevarsler (LDW) for lastebiler

Feltskiftevarsler for tunge kjøretøy har i studien til Hickman et al. (2015) vist seg å omtrent halvere antall relevante ulykker med tunge lastebiler (-48% [-65; -23]). «Relevante ulykker» er ulykker hvor lastebilen utilsiktet forlater eget kjørefelt, bl.a. møteulykker, utforkjøring og kollisjoner i samme kjøreretning. Ulykker som skjer som følge av unnamanøvrering, når lastebilen brukte blinklys, når vegen var glatt eller når førere var påvirket av alkohol eller andre rusmidler, er regnet ikke som relevante. Ifølge Jermakian (2012) utgjør relevante ulykker omtrent 6 prosent av alle lastebilulykkene.

Hvordan LDW på lastebiler fungerer i praksis, er diskutert i avsnitt 5.1.

Teoretisk mulige virkninger på ulykker av feltskiftevarsler (LDW) og kjørefeltassistent (LKA) for personbiler

Studier som har undersøkt teoretisk mulige virkninger av LDW og LKA med ulike metoder som naturalistisk kjøring (se avsnitt 2.1.4), ved hjelp av analyser av ulykkesdata eller i simuleringer, er oppsummert i Trafikksikkerhetshåndboken²⁰.

Alt i alt tyder resultatene på at feltskiftevarsler teoretisk kan *påvirke* (dvs. ikke nødvendigvis faktisk forhindre) opptil ca. en tredjedel av alle utforkjørings- og møteulykkene som er dødsulykker. Resultatene viser også at virkningen vil være mindre for mindre alvorlige ulykker.

Andelen av alle ulykkene som potensielt kan bli forhindret av feltskiftevarsler, utgjør opptil 15 prosent av dødsulykkene og opptil 9 prosent av personskaueulykkene i studier som er basert på teoretiske vurderinger eller ulykkesdata. Studier som er basert på dybdeanalyser, konkluderer med at kun omtrent 6-7 prosent av ulykkene potensielt kan bli forhindret.

Dette er teoretiske maksimumsanslag, dvs. at faktiske virkninger trolig vil være mindre. Riexinger et al. (2019) viser i dybdeanalyser at opptil 83 prosent av alle eneulykkene med personskaue *ikke* kunne ha vært forhindre av feltskiftevarsler. Den potensielle virkningen er størst på vegger med nyoppmerkede kjørefeltlinjer og brede skuldre (Scanlon et al., 2016).

De fleste studier har ikke spesifisert hvilken type system de har undersøkt (LDW eller LKA). Wilmink et al. (2008) antar at den potensielle effekten på ulykker er omtrent tre ganger så stor når systemet kan påvirke bilens styring (LKA) som når det kun varsler føreren (LDW).

4.7.3 Virkning på føreratferd

Førere med feltskiftevarsler (LDW) holder seg i større grad i midten av kjørefeltet og de bruker oftere blinklys når de skal skifte kjørefelt. Førere er imidlertid mindre oppmerksomme og bruker mer tid på sekundæroppgaver. Når LDW varsler med lys, oppleves dette ofte som irriterende og distraherende, og mange førere slår av LDW for å unngå irritasjonen.

Vi oppsummerer her resultater fra empiriske studier som er gjort i ekte trafikk med instrumenterte biler (naturalistisk kjøring), simulator- og baneforsøk. Simuleringsstudier, spørreundersøkelser og lignende er ikke tatt med. Oppsummeringen er basert på en litteraturstudie (Høye, 2015) samt et nytt litteratursøk i 2023.

Plassering i kjørefeltet: Førere av (både tunge og lette) kjøretøy med LDW holder seg i større grad i midten av kjørefeltet, de kjører med jevnere avstand til kjørefeltlinjene og de krysser sjeldnere kjørefeltlinjer (Gaspar & Brown, 2020; Eriksson et al., 2013; LeBlanc et al., 2006; Nodine et al., 2011A; Rimini-Doering et al., 2005; Sayer et al., 2010; Sayer et al., 2011; Souders et al., 2020; Wu et al., 2023). Virkningene er størst blant distraherete førere, mens det blant oppmerksomme førere ikke ble funnet noen virkning.

Arbeidsbelastning: LDW har ikke vist seg å redusere arbeidsbelastningen («mental workload») (Navarro et al., 2017; Souders et al., 2020), dvs. at førere ikke opplever det som mindre mentalt krevende å kjøre bil med LDW.

Sekundæroppgaver: LDW fører til at førere bruker mer tid på sekundæroppgaver (f.eks. spising) og retter mer oppmerksomhet på disse enn på vegen og annen trafikk. Dette er vist i mange empiriske studier (jf. Hungund et al., 2021; Dunn et al., 2019; Malta et al., 2012).

²⁰ Høye, A. (2023). 4.32 Feltskiftevarsler og lignende tiltak. <https://www.tshandbok.no/del-2/4-kjoeretoeyteknikk-og-personlig-verneutstyr/4-32-feltskiftevarsler-kjoerefeltholder-og-blindsonevarsler/>

Fart: Vi har kun funnet én studie som har undersøkt hvordan LDW påvirker fart. Resultatene viser at førere i gjennomsnitt kjører fortere med LDW (Melman et al., 2017). Studien er imidlertid gjort i en kjøresimulator og det er ikke sikkert at man ville ha funnet det samme i ekte trafikk.

Irritasjon og distraksjon: Mange studier viser at førere ofte opplever varslingene som irriterende og distraherende, især varsling med lyd, når varslingene kommer tidlig og når førerne i utgangspunktet ikke er distraheret (jf. Gaspar & Brown, 2020; Cicchino, 2018A). At førere opplever LDW som irriterende, er en viktig grunn til at mange slår det av.

Bruk av blinklys: Feltskiftevarsler kan «oppdra» førere til å bruke blinklyset når de skal svinge av eller skifte kjørefelt (Dingus et al., 2006; LeBlanc et al., 2006; Malta et al., 2012; Nodine et al., 2011A, B; Sayer et al., 2011), da føreren uten bruk av blinklys varsles som ved utilsiktet skifte av kjørefelt. Det er ikke funnet forsøk på å tallfeste den mulige virkningen på antall ulykker.

Utforming av systemet: Hvordan feltskiftevarsler er utformet, kan påvirke både hvor effektiv den er i å forbedre kjøreatferd og hvor mange som slår den av.

- **LDW vs. LKA:** LKA kan forventes å ha større effekt enn LDW, noe som også ble vist i en simulatorstudie (Gouribhatla & Pulugurtha, 2022).
- **Varsling med vibrasjon vs. lys/lyd:** Vibrasjon i rattet eller en impuls på rattet i den retningen føreren må styre bilen tilbake i kjørefeltet, er mer effektive enn kun varsling med lys eller lyd (Kozak et al., 2006; Navarro et al., 2010). Med vibrasjon på rattet eller i setet (istedenfor fremfor lyd) er det også langt færre som synes at feltskiftevarsler er irriterende (Stanley, 2006) og færre som slår systemet av (Flannagan et al., 2016; Cades et al., 2017).
- **Tidspunktet for varsling:** Feltskiftevarsler er trolig mest effektiv med varsling ca. ett sekund før bilen krysser kjørefeltlinjen. Kommer varslingen senere (f.eks. når bilen allerede er i ferd med å krysse kjørefeltlinjen), har den liten eller ingen effekt. Varsler systemet enda tidligere, kan den også være mindre effektiv (Kusano & Gabler, 2012; Navarro et al., 2016; Tanaka et al., 2012). Med for tidlig varsling får føreren også langt flere varslinger, noe som kan oppleves som irriterende slik at mange vil slå av systemet.
- **Antall varslinger og falske armer:** Når føreren får mange varsler, især når disse oppleves som falske alarmer, opplever mange feltskiftevarsler som irriterende (Navarro et al., 2016; Nodine et al., 2011B). Navarro et al. (2016) viser at feltskiftevarsler med mange feilalarmer fortsatt har en positiv effekt på kjøreatferd (mindre kjøring over kjørefeltlinjer), men irritasjonen fører ofte til førere slår systemet av.

Bruk av LDW og LKA: Flere studier viser at mellom 50 og 70 prosent av førerne av biler med LDW har systemet slått av (Eichelberger & McCartt, 2014; Flannagan et al., 2016; Kidd & Reagan, 2018; Reagan et al., 2018; Reagan & McCartt, 2016; Sternlund, 2021). I studien til Eichelberger og McCartt (2014) var det kun 13 prosent av førerne som bruker systemet «alltid», mens 41 prosent bruker systemet «sjelden» (29 prosent) eller «aldri» (12 prosent).

Det er imidlertid stor variasjon mellom ulike bilmodeller og type systemer (Reagan & McCartt, 2016). Førere som slår av LDW, mener ofte at systemet er både unødvendig og distraherende. Problemer som nevnes er især akustiske varsler og falske alarmer (at systemet varsler når det ikke burde ha varslet), samt at bilens inngrep i styringen kan oppleves som for aggressivt. Slike problemer oppleves som irriterende, førere kan miste tilliten til systemene, og mange vil derfor slå systemet av (Navarro et al., 2017; Teo et al., 2020). Systemer som varsler med lyd, slås derfor langt oftere av enn systemer med vibrasjonsvarsling (Cicchino, 2018A; Flannagan et al., 2016; Sternlund, 2021).

Vår eksempelsamling i vedlegg 3 tyder på at nyere systemer i hovedsak bruker vibrasjon i rattet for å varsle føreren, mens akustiske varsler brukes for eksempel for å varsle føreren om at han må ta hendene tilbake på rattet.

Kunnskap om systemene: Systemene informerer som regel føreren om hvorvidt de er slått på og aktive. Systemet kan være slått på, men ikke aktiv; det er kun aktivt når det har oppdaget langsgående oppmerking som kan brukes til å regulere bilens sideplassering. Når førerne ikke er klare over at LDW ikke alltid er aktiv, kan de feilaktig tro at systemer vil varsle dem og dermed ikke legge merke til når de holder på å kjøre av veien.

Førere kan også glemme at de ikke har slått på systemet (eller at de har slått det av). Det er også mulig at de ikke skjønner symbolene og fargekodene (se eksemplene i vedlegg 3). Spesielt når man kjører en ny bil eller ofte skifter bil (f.eks. firmabiler eller bilutleie/bildeling), kan det være vanskelig å forstå betydningen av alle symbolene på skjermen.

4.7.4 Utbredelse av LDW og LKA

Feltskiftevarsler (LDW) er obligatorisk på alle nye biler fra 2022. Utbredelsen i 2023 er usikker, det kan være omtrent halvparten av trafikkarbeidet med lette kjøretøy som gjøres med LDW.

Tabell 13 viser hvordan andelen av alle nye bilene som har LDW har utviklet seg over tid. Resultatene er basert på ulike kilder, hvorav de fleste er fra Norge (se avsnitt 2.3). Resultatene er ikke helt konsistente mellom de ulike kildene. Dette kan bl.a. skyldes ulike metodologiske tilnærminger og at ulike typer tiltak er tatt med som «LDW».

Tabell 13: Utviklingen over tid av andelen av nye bilene som har LDW (eller lignende tiltak; lysegrønn = relevant i Norge).

År	Andel av nye biler	Beskrivelse / kommentar (i Norge hvis ikke annet er oppgitt)	Kilde
2000-2009		De første bilene med LDW kommer på markedet	TSH; wikipedia ²¹
2014	31 %	Nye biler solgt med LDW	Høye, 2019
2014	58 %	LDW standard <u>eller opsjon</u> på nye biler (ca. halvparten med haptisk feedback)	Høye, 2019
2015		LDW obligatorisk på alle tunge kjøretøy	Eur-Lex, 2018 ²²
2018	71 %	Nye biler solgt med LDW	Høye, 2019
2019	32 %	0-3 år gamle biler i Finland med LDW (spørreundersøkelse) LDW med «haptic feedback»: 13 prosent	Penttinen & Luoma, 2020
2019	13 %	Registrerte biler med LDW i USA	HLDI, 2020
2018-2022	59 %	Nye biler med LDW som standard <u>eller opsjon</u> LKA: 42 prosent; ELK: 20 prosent	Jenssen et al., 2023
2022/2024	100 %	ELK er obligatorisk på alle nye personbiler fra 2024 (for typegodkjenning fra 2022)	Eur-Lex, 2022 (se avsnitt 2.3)
2023	51 %	Andel av alt trafikkarbeid (personbiler) med LDW	Høye, 2019
2024	32-37 %	Registrerte biler med LDW i USA	HLDI, 2020

²¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Lane_departure_warning_system

²² <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2018:0190:FIN:EN:PDF>

4.8 Blindsonvarsler

4.8.1 Beskrivelse av tiltaket

Blindsonvarsler skal varsle føreren når det er andre kjøretøy i blindsonen for å unngå ulykker i forbindelse med kjørefeltskifte.

Blindsonvarsler (blind spot monitoring eller -warning) kan varsle føreren når det er andre kjøretøy i blindsonen. Dette er i hovedsak relevant når føreren vil skifte kjørefelt, f.eks. under forbikjøring eller i forbindelse med avsvingning.

Noen biler med blindsonvarsler kan i tillegg oppdage kryssende trafikk bak bilen, for eksempel når føreren rygger ut av en parkeringsplass (Rear traffic alert; se avsnitt om Ryggekamera og parkerings-assistent).

Blindsonvarsler kan også være koblet til såkalt «Exit warning», dvs. at bilen varsler føreren når bilen står stille og føreren vil åpne døren til tross for trafikk bakfra (se eksempel fra Mercedes i vedlegg 3).

Kjøretøy i blindsonen oppdages som regel med hjelp av radarsensorer og noen bilmodeller bruker kamerateknologi.

Føreren varsles som regel med et varsellys i sidespeilet eller med en kombinasjon av varsling med lys og lyd.

De fleste versjoner av blindsonvarsler fungerer fra rundt 10 km/t. På enkelte bilmodeller er blindsonvarsler integrert med feltskiftevarsler, kjørefeltassistent eller kjørefeltholder. Hvorvidt også motorsykler eller syklistar kan oppdages, varierer mellom ulike systemer. På de fleste biler er blindsonvarsler aktivert når føreren starter bilen, men systemet kan deaktiveres.

4.8.2 Virkning på ulykker

Blindsonvarsler kan forhindre omtrent 11 prosent av ulykkene systemet er ment å forhindre.

Vi har funnet fem studier som har undersøkt hvordan blindsonvarsler påvirker ulykkesrisikoen:

- Cicchino, 2018B (USA)
- Leslie et al., 2019 (USA)
- HLDI, 2020 (USA)
- Leslie et al., 2021 (USA)
- Spicer et al., 2021A (USA)

Sammenlagt viser resultatene at blindsonvarsler reduserer antall relevante ulykker med 11 prosent (usikkerhet: [-17; -4]). Relevante ulykker er ulykker som systemet er ment å forhindre. Dette er i hovedsak ulykker som skjer i forbindelse med (tilsiktet) kjørefeltskifte og sidekollisjoner i samme kjøreretning.

Kun én av studiene har undersøkt virkningen på det totale antall ulykker (HLDI, 2020). Resultatene fra denne studien viser sammenlagt en reduksjon på 7 prosent (-10; -4). Dette er basert på forsikrings-utbetalinger for biler med og uten blindsonvarsler, og det er kontrollert for en rekke andre faktorer. Virkningen er stor i forhold til virkningen på de relevante ulykkene, når man tar hensyn til at de relevante ulykkene utgjør en relativt liten andel av alle ulykker. En mulig forklaring er at «blindsonelykker» kan utgjøre en større andel av forsikringsmeldte skader enn av politirapporterte ulykker.

4.8.3 Virkning på føreratferd

Det finnes veldig få studier på blindsonvarslers effekt på føreratferd. En studie viser en økning i bruk av speil ved kjørefeltskifte.

Speilbruk: I en studie i ekte trafikk (Kiefer & Hankey, 2008) førte blindsonvarsler til at førerne *oftere* sjekket speil i forbindelse med kjørefeltskifte. Virkningen var imidlertid liten og det var ingen endring i hvor ofte førerne så seg over venstre skulder, kikket i bakspeilet, eller brukte blinklys.

Oppmerksomhet og distraksjon: Vi har ikke funnet empiriske studier som har undersøkt hvorvidt blindsonvarsling påvirker førerens oppmerksomhet eller om det kan virke distraherende. Resultatene for speilbruk (økt eller uendret) tyder på at førerne ikke stoler på systemet i så stor grad at de slutter å sjekke blindsonen.

Vi antar at et system som varsler med lyd kan være distraherende, spesielt hvis varslingen ikke er relevant i den aktuelle situasjonen (f.eks. når føreren ikke har tenkt å skifte felt).

Blindsonvarslere forventes å være mest effektive når de varsler trinnvis (Wilschut et al., 2012). Trinnvis varsling kan være at det først kun varsles med lys/symbol i speilet at det er noe i blindsonen, gir sterkere signaler når føreren setter på blinklyset (f.eks. lyd), og enda sterkere signaler når en kollisjon er nært forestående.

Verdsetting og tillit: Souders et al. (2017) viser at eldre førere har omtrent dobbelt så høy betalingsvillighet for blindsonvarsling som yngre førere.

Tillit til blindsonvarsler kan være relevant for virkningen av blindsonvarsler (Wilschut et al., 2012). Tilliten kan være redusert når førere ofte opplever mange falske alarmer, eller at systemet ikke varsler når det burde ha varslet. Hvis førere har for myte tillit, kan det øke ulykkesrisikoen i situasjoner hvor systemet ikke virker som det skal (ikke varsler når det burde varsle).

4.8.4 Utbredelse av blindsonvarsler

I 2023 selges omtrent en tredjedel av alle nye biler med blindsonvarsler.

Tabell 14 viser hvordan andelen av alle nye biler med blindsonvarsler har utviklet seg over tid. Resultatene er basert på ulike kilder, hvorav de fleste er fra Norge (se avsnitt 2.3).

Tabell 14: Utviklingen over tid av andelen av nye bilene som har blindsonvarsler (lysegrønn = gjelder i Norge).

År	Andel av nye biler	Beskrivelse / kommentar (i Norge hvis ikke annet er oppgitt)	Kilde
Ca. 2003		De første bilene med blindsonvarsler kommer på markedet	Wikipedia ²³
2014	38 %	Nye biler solgt med blindsonvarsler (som regel kombinert med LDW)	Høye, 2019
2019	28 %	0-3 år gamle biler i Finland med blindsonvarsler (spørreundersøkelse)	Penttinen & Luoma, 2020
2019	16 %	Registrerte biler med blindsonvarsler i USA	HLDI, 2020
2018-2022	39 %	Nye biler med blindsonvarsler som standard eller opsjon	Jenssen et al., 2023
2024	35-40 %	Registrerte biler med blindsonvarsler i USA	HLDI, 2020
2022/2024		Tunge kjøretøy må være «konstruert slik at det hjelper å redusere blindsoner foran og til siden for føreren».	Eur-Lex, 2022 (se avsnitt 2.3)

²³ https://en.wikipedia.org/wiki/Blind_spot_monitor hentet november 2023.

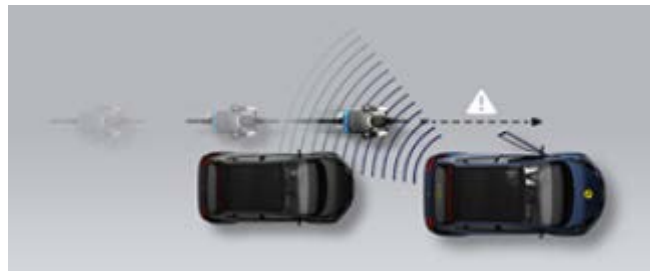
4.9 Dørvarsling

Dette er systemer som skal forhindre ulykker hvor syklister kjører inn i en åpen bildør. Slike ulykker skjer ofte fordi bilførere åpner døren uten å sjekke om det er en syklist som kommer bakfra. Syklister har ofte ingen mulighet for å holde tilstrekkelig avstand fra bildører.

4.9.1 Beskrivelse av tiltaket

Dørvarsling skal forhindre at bilførere åpner døren mens en syklist befinner seg ved siden av bilen eller nærmer seg bilen bakfra slik at den ville kjøre inn i den åpne bildøren.

Dørvarsling er systemer som kan oppdage syklister (og biler) ved siden av bilen og varsle føreren for å forhindre ulykker (Figur 1). Slike systemer betegnes gjerne som «Exit warning» eller «Safe Exit Assist».



Figur 1: Dørvarsling, prinsipp-skisse (Euro NCAP).

Føreren kan varsles bl.a. med lyd, et budskap på displayet bak rattet, blinkende varseltrekant i sidespeilet eller med blinkene innvendig dørbelysning (se eksempler i vedlegg 3).

I noen biler er systemet aktiv i flere minutter etter at bilen er parkert og motoren slått av.

Euro NCAP testprogrammet gir fra 2023 poeng for ulike nivåer av dørvarsling, og flere poeng for høyere nivåer²⁴. Nivåene er definert slik:

- (1) Systemet **informerer** føreren om syklister ved siden av bilen
- (2) Systemet **varsler** førere om at de ikke bør åpne døren
- (3) Systemet **forhindrer** at føreren kan åpne døren når det er en syklist ved siden av bilen.

I Australia finnes et tilsvarende testprogram (ANCAP) og i forbindelse med dette programmet er det utviklet testmetoder for dørvarslingssystemer²⁵. For å bidra til den totale poengsummen, må dørvarsling oppfylle to krav; det må forhindre at døren åpnes når det er fare for at en syklist kjører inn i den («door retention») og systemet må være aktiv i minst ett minutt etter at bilen er parkert og motoren slått av.

4.9.2 Virkning på ulykker

Hvordan dørvarsling påvirker antall ulykker, er ukjent.

Vi har ikke funnet studier som har undersøkt hvordan dørvarsling påvirker ulykkesrisikoen.

I Tyskland, Sveits og Østerrike er dørulykker blant de mest vanlige sykkel-bil-kollisjonene (Braun et al., 2022). I en studie av sykkel-bil-kollisjoner i Sverige i 2005-2013 var 10 prosent av alle skadde syklister skadd i en dør-ulykke (Wisch et al., 2017). Dersom alle biler hadde 100 prosent effektive dørvarslingssystemer, kunne følgelig rundt 10 prosent av alle sykkel-bil kollisjoner vært forhindret.

²⁴ <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/cyclist-dooring-prevention/> (besøkt august 2023)

²⁵ <https://www.drive.com.au/news/door-exit-cyclist-detection-technology-joins-five-star-safety-criteria/>

4.9.3 Virkning på føreratferd

Virkingen på føreratferd er ukjent.

Vi har ikke funnet studier som har undersøkt hvordan dørvarslingssystemer påvirker føreratferd.

Som for andre varslingssystemer vil virkingen bl.a. avhenge av hvordan systemet varsler føreren og om føreren opplever mange falske alarmer. Som eksemplene i vedlegg 3 viser, er det store forskjeller mellom ulike systemer mht. hvordan de varsler føreren.

4.9.4 Utbredelse av dørvarsling i Norge

Utbredelse av dørvarsling i Norge er ukjent.

Vi har ikke funnet informasjon om utbredelsen av dørvarsling i Norge.

4.10 Ryggekamera og parkeringsassistent

Ryggekamera og parkeringsassistenter skal hjelpe førere under rygging og forhindre kollisjoner med andre biler, myke trafikanter eller faste objekter ved at de på ulike måter gir føreren informasjon og varsler om kritiske situasjoner. Slike tiltak inngår ikke i Euro NCAP-testprogrammet.

Ryggekamera / parkeringsassistent («reversing detection with camera or sensors») er obligatorisk på alle nye kjøretøy fra 2022/2024 (jf. avsnitt 2.3).

4.10.1 Beskrivelse av tiltaket

Ryggekamera og parkeringsassistenter skal redusere risikoen for ulykker under rygging og gjøre det enklere å parkere bilen.

Ryggekameraer, parkeringsassistenter mv. skal hjelpe føreren med å rygge eller å parkere bilen. Ryggekameraer viser området bak bilen på en skjerm i bilen. Parkeringsassistenter benytter informasjon fra ryggesensorer og varsler føreren når bilen rygger og kommer i nærheten av andre biler eller andre faste objekter. Parkeringsassistenter er ofte, men ikke alltid, kombinert med ryggekamera. Varsling kan skje på ulike måter; som regel brukes både lyd og ulike farger og symboler på en monitor som viser et skjematisk bilde av bilen eller bildet fra ryggekameraet.

Ryggekamera og parkeringsassistenter kan være koblet til bilens bremses slik at bilen automatisk bremses for å unngå kollisjoner under rygging.

En utvidet variant av tiltaket er automatiske parkeringsassistenter (parking assist) som kan overta hele parkeringen (styring, bremsing, akselerering).

Ryggevarsling for kryssende trafikk kan varsle førere om trafikk som nærmer seg bilen i kryssende kjøretning når bilen rygger, f.eks. ut av en parkeringsluke (Figur 2).



Figur 2: Rear cross Traffic Alert fra Volvo²⁶.

4.10.2 Virkning på ulykker

Ryggekamera og ryggevarsling kan redusere ryggeulykker med 20-30 prosent. Virkningen er betydelig større når systemene er kombinert med automatisk nødbrems (-76 prosent ryggeulykker). På tunge kjøretøy med ryggekamera er det funnet omtrent en dobling av antall ryggeulykker.

Vi har funnet seks empiriske studier som har undersøkt virkningen av ulike systemer som skal hjelpe føreren under rygging:

- Flannagan et al., 2014 (USA)
- Cicchino, 2017B (USA)
- Keall et al., 2017 (Australia, New Zealand)
- Cicchino, 2019A,B (USA)
- Leslie, 2019 (USA)
- Leslie et al., 2021 (USA)

Resultatene er oppsummert i Tabell 15.

Tabell 15: Virkninger av ryggekamera og andre parkeringsassistenter på antall ulykker i prosent (95-prosent-konfidensintervaller i parentes).

Tiltak	Ulykkestype	Virkning på ulykker
Ryggekamera <u>eller</u> ryggevarsling	Ryggeulykker	-21 (-28; -13)
Ryggekamera <u>og</u> -varsling	Ryggeulykker	-27 (-37; -16)
Ryggekamera <u>og</u> -varsling med <u>AEB</u>	Ryggeulykker	-76 (-85; -61)
Ryggevarsling for kryssende trafikk	Ryggeulykker	-21 (-27; -14)
	Ryggeulykker med kryssende trafikk	-32 (-54; +0)
Ryggevarsling for kryssende trafikk <u>og</u> ryggekamera / -varsling	Ryggeulykker	-43 (-64; -11)
Automatisk parkeringsassistent	Ryggeulykker	-2 (-55; +113)

Ryggekamera og -varsling har omtrent like stor virkning på antall ryggeulykker hver for seg (21 prosent reduksjon av antall ryggeulykker). Virkningen er noe større når begge systemene er kombinert (-27 prosent), men forskjellen er ikke stor. Dette gjelder kun personbiler. På lastebiler har ryggekameraer vist seg å øke antall ryggeulykker (Høye et al., 2022).

Ryggekamera og -varsling i kombinasjon med AEB, har en betydelig større virkning (-76 prosent) enn ryggekamera/-varsling alene. Cicchino (2019B) forklarer dette med at førere ikke alltid benytter seg av

²⁶ <https://www.volvocars.com/no/cars/xc90-hybrid/features/>

Hvordan påvirker førerstøttesystemene ulykkesrisikoen?

informasjonen som de får fra systemene. I kombinasjon med AEB er førere i mindre grad avhengige av å få med seg all informasjon fra skjermer og varslinger.

Ryggekamera på tunge kjøretøy: En studie som er gjort i transportbedrifter viser at tunge kjøretøy med ryggekamera i gjennomsnitt har omtrent dobbelt så mange ryggeulykker enn andre tunge kjøretøy (Wishart et al., 2017).

Ryggevarsling for kryssende trafikk (uten AEB) har også relativt stor virkning på antall ryggeulykker. Ifølge Cicchino (2019B) viser eksperimentelle studier at førere i større grad reagerer på varslinger for kryssende trafikk bak bilen enn på andre ryggevarslinger, delvis fordi kryssende trafikk oppleves som en større fare og delvis fordi de i større grad er klar over at muligheten for å oppdage kryssende trafikk bak bilen kan være begrenset.

Automatisk parkeringsassistent er et system som hjelper førere med å finne en parkeringsluke av tilstrekkelig størrelse og som kan overta styringen under lukeparkering. Slike systemer har ikke vist seg å ha noen effekt på antall ryggeulykker. Resultatet er basert på én studie (Cicchino, 2019A).

4.10.3 Virkning på føreratferd

Førere bruker ryggekamera kun i relativt liten grad. Blant tungbilførere er det funnet atferdstilpasninger som tyder på overdreven tillit. Øvrige virkninger på føreratferd er ukjent.

To studier har undersøkt i hvilken grad førere av biler som har ryggekamera eller parkeringsassistent, faktisk bruker disse systemene:

Jeness et al., 2007 (USA): Spørreundersøkelse

Hurwitz et al., 2010 (USA): Naturalistisk kjøring

Resultatene viser at førere bruker ryggekamera kun i relativt liten grad. Førere som eier bil med ryggekamera, rapporterer imidlertid at bruken øker over tid.

Den lave bruken kan ha ulike forklaringer. Førere kan glemme å bruke ryggekamera, de kan ha lite tillit til at den er pålitelig, eller de kan synes at den ikke er nyttig. Videre er studiene relativt gamle, og både teknologien og bruken av den kan ha endret seg på denne tiden.

Studier av ryggekameraer på lastebiler viser at de kan ha utilsiktede virkninger som fører til økt antall ulykker (Høye et al., 2022). Forklaringen er trolig at førere i for stor grad stoler på at systemet vil forhindre påkjørsler.

4.10.4 Utbredelse av ryggekamera og parkeringsassistent

Systemer som kan oppdage hindre under rygging er obligatorisk på alle nye motorkjøretøy fra 2024 (for typegodkjenning fra 2022).

Tabell 16 viser hvordan andelen av alle nye biler med ryggekamera eller parkeringsassistent har utviklet seg over tid. Resultatene er basert på ulike kilder, hvorav de fleste er fra Norge (se avsnitt 2.3).

Tabell 16: Utviklingen over tid av andelen av nye bilene som har ryggekamera eller parkeringsassistent (lysegrønn = gjelder i Norge).

År	Andel av nye biler	Beskrivelse / kommentar (i Norge hvis ikke annet er oppgitt)	Kilde
Ca. 2001		De første bilene med ryggekamera / parkeringsassistent kommer på markedet	Wikipedia ²⁷
2018		Ryggekamara obligatorisk på alle nye biler i USA	Wikipedia (samme som i rad over)
2019	40 %	Registrerte biler med ryggekamera i USA	HLDI, 2020
2019	27 %	Registrerte biler med parkeringssensorer i USA	HLDI, 2020
2018-2022	65 %	Nye biler med ryggekamera som standard <u>eller</u> <u>opsjon</u>	Jenssen et al., 2023
2018-2022	30 %	Nye biler med ryggevarsling for kryssende trafikk som standard <u>eller</u> <u>opsjon</u>	Jenssen et al., 2023
2022/2024	100 %	«Reversing detection» er obligatorisk på alle nye kjøretøy fra 2024 (for typegodkjenning fra 2022)	Eur-Lex, 2022 (se avsnitt 2.3)
2024	46-50 %	Registrerte biler med parkeringssensorer i USA	HLDI, 2020
2024	60-64 %	Registrerte biler med ryggekamera i USA	HLDI, 2020

4.11 Trøtthets- og distraksjonsvarsling

Trøtthets- og distraksjonsvarslingssystemer skal overvåke føreren for å oppdage tegn på distraksjon eller trøtthet, og varsle føreren når slike tegn oppdages. Varslingen kan ha ulike formål:

- Unngå akutt fare som følge av distraksjon (f.eks. når føreren ikke ser på veien)
- Oppfordre føreren til å ta en pause for å unngå innsovning.

Slike systemer er også relevante i biler med høyere automatiseringsgrader for å sikre at førere er i stand til å ta over kontroll over bilen i en nødsituasjon (Smyth et al., 2021).

Trøtthets- og distraksjonsvarsling («attention warning in case of driver drowsiness or distraction») er obligatorisk på alle nye biler fra 2024 (EC, 2022).

4.11.1 Beskrivelse av tiltaket

Trøtthets- og distraksjonsvarsling skal varsle førere for å få ham til å se på vegen, eller til å ta en pause for å unngå innsovning.

Euro NCAP beskriver trøtthetsvarling (Attention Assist) som et system som oppdager når føreren er søvnnig og som varsler føreren om at det er på tide å ta en pause. EUR-Lex (2022) gir to ulike definisjoner:

'Driver drowsiness and attention warning' means a system that assesses the driver's alertness through vehicle systems analysis and warns the driver if needed;

'Advanced driver distraction warning' means a system that helps the driver to continue to pay attention to the traffic situation and that warns the driver when he or she is distracted;

Det finnes mange ulike systemer fra ulike produsenter som faller under en av disse definisjonene. Systemene er forskjellige mht. hvordan de oppdager at føreren er uoppmerksom og hvordan de varsler føreren (jf. eksempler i vedlegg 3).

²⁷ https://en.wikipedia.org/wiki/Backup_camera

Hvorvidt føreren er trøtt eller uoppmerksom, vurderes i hovedsak ut fra førerens atferd (f.eks. rattbevegelser og hvorvidt føreren har hendene på rattet), kjørestilen (f.eks. vinglete kjøring) eller med hjelp av informasjon fra kameraer som overvåker førerens øye- eller hodebevegelser (Albadawi et al., 2022). Enkelte systemer tar også hensyn til hvor lenge føreren har kjørt sammenhengende uten pause (jf. eksemplene i vedlegg 3).

Et lignende system er **aktiv nødstoppassistent**. Når føreren ikke viser noe aktivitet over en lengre tidsperiode, vil en aktiv nødstoppassistent varsle føreren, overta styringen og bremse kontrollert ned til stillestående, samtidig som den sender en melding gjennom nødvarslingssystemet (se eksempler i vedlegg 3).

4.11.2 Virkning på ulykker

Hvordan trøtthets- og distraksjonsvarsling påvirker antall ulykker, er ukjent.

Vi har ikke funnet empiriske studier som har undersøkt hvordan trøtthets- eller distraksjonsvarsling påvirker ulykkesinnblandingen. Det finnes derimot svært mange studier som handler om hvordan man kan oppdage trøtthet eller distraksjon; slike studier er imidlertid ikke relevante for å vurdere virkningen på ulykker.

Studier som er basert på dybdestudier av dødsulykker i Norge i 2012-2021, viser at 15 prosent av dødsulykkene trolig er relatert til at føreren var trøtt (Ringen, 2022). I 2011-2015 er det estimert at nesten hver tredje dødsulykke i Norge var relatert til uoppmerksomhet (Sagberg et al., 2016). Det er imidlertid usikkert hvor mange slike ulykker som kan forhindres med trøtthets- og distraksjonsvarsling (se neste avsnitt om virkning på føreratferd).

4.11.3 Virkning på føreratferd

Hvordan trøtthets- og distraksjonsvarsling påvirker føreratferd, er ukjent.

Vi har ikke funnet empiriske studier som har undersøkt hvordan trøtthets- eller distraksjonsvarsling påvirker føreratferd.

4.11.4 Utbredelse av trøtthets- og distraksjonsvarsling i Norge

Trøtthetsvarsling er obligatorisk på alle nye motorkjøretøy fra 2024 (for typegodkjenning fra 2022).

Trøtthetsvarsling fantes som standard- eller ekstrautstyr på omtrent 43 prosent av alle nye bilene i Norge i 2018-2022 (Jenssen et al., 2023). Hvor mange biler som selges med trøtthetsvarsling, er ukjent.

Fra 2024 vil trøtthetsvarsling være obligatorisk på alle nye lette kjøretøy, for typegodkjenning fra 2022 (se avsnitt 2.3). Dette gjelder systemer som kan varsle føreren og anbefale å ta en pause når føreren har kjørt lenge og/eller når systemet oppdager tegn på trøtthet. Mer avanserte systemer vil være obligatoriske fra 2026²⁸.

4.12 Kombinerte systemer (delvis automatisering)

Dette avsnitte omhandler kombinerte førerstøttesystemer, som integrerer flere førerstøttefunksjoner og som kan støtte reguleringen av både sideplassering og fart. Slike systemer er i utgangspunktet ment å bidra til økt komfort, men skal også bidra til å redusere risiko.

²⁸ <https://www.volvotrucks.com/en-en/news-stories/insights/articles/2022/may/the-eus-updated-general-safety-regulations.html>

4.12.1 Beskrivelse av tiltaket

Kombinerte systemer kan regulere både bilens fart og sideplassering. Slike systemer fungerer i hovedsak på veier med høy standard som f.eks. motorveger. Føreren har fortsatt ansvaret for kjøringen og må kunne gripe inn til enhver tid. For å sikre at føreren er oppmerksom, kan slike systemer slå seg av ved tegn på uoppmerksomhet.

Med kombinerte systemer mener vi her systemer som støtter reguleringen av både sideplasseringen og fart. Med utgangspunkt i SAE-klassifiseringen som består av fem nivåer av automatisering, klassifiseres slike systemer som nivå 2, det vil si delvis automatisering. Flere bilprodusenter tilbyr kombinasjoner av førerstøttesystemer som muliggjør delvis selvkjørende modus, det vil si at bilen kan overta deler av styringen, samt tilpasse fart og stoppe. Systemene er ment å brukes på større, oversiktlige veier med tydelig oppmerking, slik som motorveier.

Eksempler er Tesla Autopilot, Ford Bluecruise, eller Pilot Assist som blant annet finnes i nyere Volvo- og Polestarmodeller. Hvilke funksjoner som er satt sammen, varierer. De fleste bilprodusenter tilbyr både enklere og mer avanserte varianter. I den enkleste formene består systemet av Adaptive Cruise Control (ACC) kombinert med en kjørefeltassistent (LKA) (f.eks. Volkswagen Travel Assist). Mer avanserte systemer kan også innbefatte automatisk nødbrems (AEB), automatisk feltskifter (system som på egen hånd kan skifte kjørefelt når føreren bruker blinklys), automatisk fartstilpasning (ISA) og GPS-navigasjon.

Systemer for delvis automatisert kjøring må aktiveres av føreren. Slike systemer har ofte integrert distraksjonsdeteksjon som skal sikre at føreren er oppmerksom og har hendene på rattet. Systemet vil varsle føreren dersom føreren har blikket vekk fra veien for lenge eller ikke holder på rattet. Når føreren ikke reagerer på varslingene, slår systemene seg av.

4.12.2 Virkning på ulykker

Hvordan kombinerte systemer påvirker ulykkesrisikoen, er meget usikkert. Teoretisk kan de redusere risikoen for både utforkjøring, møteulykker og påkjøring bakfra. I praksis kan virkningen imidlertid være mindre enn forventet, eller det kan bli flere ulykker. Kombinerte systemer er langt fra alltid aktive, førere kan endre atferden og for eksempel bli mer uoppmerksomme, og økende automatiseringsgrad kan føre til nye problemer som ellers ikke hadde oppstått.

Hvordan kombinerte systemer påvirker ulykkesrisikoen er vanskelig å undersøke empirisk, bl.a. da det er store forskjeller mellom ulike bilmodeller.

Teoretisk kan systemer som regulerer både fart, avstand til forankjørende og sideplassering, oppnå en virkning som vil være summen av virkningene av feltskiftevarsler (LDW; færre utforkjøring og møteulykker) og Adaptiv Cruise Control (ACC; færre påkjøring bakfra-ulykker). I praksis kan man imidlertid ikke forvente at man vil oppnå den fulle effekten av LDW og ACC:

- Det er begrenset hvor mye som kan kjøres med kombinerte systemer.
- Kombinerte systemer vil trolig føre til mer atferdstilpasning enn hvert enkelt system (se avsnittene om virkninger på føreratferd av ACC og LDW).
- Interaksjoner med andre trafikanter kan bli påvirket, og andre trafikanter kan tilpasse sin atferd.

Studier av såkalte **selvkjørende biler** er oppsummert av Elvik (2023B,C). Dette er biler som kjører på SAE-nivå 5, dvs. fullt automatisert kjøring under alle forhold²⁹. Empiriske studier med selvkjørende biler i California viser at slike biler i gjennomsnitt har 21,5 ulykker per million kjøretøykilometer. Det er over dobbelt så mye som blant norske førere som i gjennomsnitt har 10,3 forsikringsmeldte ulykker per million kjørte kilometer. Det er også langt mer enn blant gjennomsnittlige amerikanske bilførere (16,1

²⁹ <https://www.sae.org/blog/sae-j3016-update>

ulykker per million kjørte kilometer). Det er imidlertid stor variasjoner mellom ulike selvkjørende biler, slik at man ikke uten videre kan generalisere gjennomsnittlige funn.

Studier som har undersøkt hvilke faktorer som bidrar til ulykker med selvkjørende biler, viser at det i hovedsak er andre faktorer enn i de fleste ulykker med førerstyrte biler (Vaa et al., 2021). Typiske faktorer i slike ulykker er:

- Bilen klarer ikke å oppdage kjøretøy, trafikanter eller objekter som bilen er i ferd med å kjøre på
- Føreren er ikke klar over hvordan bilen fungerer, når den kjører i selvkjørende modus, hva føreren må overvåke og i hvilke situasjoner føreren må gripe inn
- Føreren klarer ikke å oppdage og reagere hensiktsmessig i en kritisk situasjon
- Interaksjoner med andre trafikanter fører til konflikter da bilen ikke klarer å tolke andre trafikanters atferd, mens andre trafikanter har feilaktige forventninger til hvordan bilen vil oppføre seg.

Disse resultatene viser at det ikke er mulig å predikere hvordan økende grad av automatisering vil påvirke ulykkesrisikoen. Økende automatisering kan fjerne noen faktorer som bidrar til ulykker, men det kan også føre til nye problemer som kan bidra til konflikter og ulykker som ikke hadde skjedd uten automatisering.

4.12.3 Virkning på føreratferd

Kombinerte systemer kan potensielt ha negative virkninger på førerens oppmerksomhet og evne til å oppfatte og handle raskt nok i kritiske situasjoner.

Vi har funnet noen studier hvor deltakere har kjørt biler med kombinerte systemer, såkalte «auto-piloter», i ekte trafikk (naturalistisk kjøring). Et gjennomgående funn er at førerne er mindre engasjerte i kjøringen. De viser overdreven tillit til systemet, ser bort fra veien i lengre perioder, er i større grad engasjert i mobiltelefon og andre sekundæroppgaver og tar oftere hendene fra rattet (Banks et al., 2018; Lin et al., 2018; Morando et al., 2021; Nordhoff et al., 2022; Wilson et al., 2020; Reagan et al., 2021).

Resultatene viser også at førere som har mye erfaring med delvis automatisert kjøring, er mer distraherete (Dunn et al., 2021). Dette henger trolig sammen med at de blir mer vant til hvordan teknologien fungerer, og stoler etter hvert mer på teknologien.

Mye tyder dermed på at bruk av delvis automatiserte systemer påvirker førerens evne til å opprettholde oppmerksomhet på det som skjer i trafikken. Dette vil svekke evnen til å oppfatte farlige situasjoner og handle raskt dersom kritiske situasjoner oppstår.

Et annet problem kan være såkalt **modusforvirring**, dvs. at føreren ikke har oversikt over hvilken modus systemet er i. De vet for eksempel ikke alltid hvilke systemer som er slått på og aktive. Dette er observert i flere studier med Tesla model S (Banks et al., 2018; Wilson et al., 2020). En mulig forklaring er at brukergrensesnittet ikke er utformet godt nok, dvs. at førerne ikke klarer å tolke symbolene og meldingene som skal vise hvilken modus bilen er i. En annen mulig forklaring er at førerne ikke er oppmerksomme nok, eller at de har for lite kunnskap om systemene.

Studier av Tesla-eiere viser også at mange har strategier for å **omgå distraksjonssystemet** i bilen, som varsler dersom føreren ikke er tilstrekkelig engasjert. For eksempel fant Lin et al. (2018) i en intervju-studie med Tesla-eiere, at nesten halvparten foretrakk å holde én hånd på rattet, for å kunne drive med sekundære oppgaver uten å få varsler fra kjøretøyet. Tilsvarende funn er rapportert i andre studier (Wilson et al., 2020; Nordoff et al., 2022).

4.12.4 Utbredelse i Norge

Vi har ikke informasjon om utbredelsen av ulike kombinerte systemer i Norge.

5 Feltskiftevarsler, vegoppmerking og andre vegegenskaper

I dette kapitlet gir vi en oversikt over hvilke krav dagens feltskiftevarslere stiller til vegen, især til vegoppmerkingen, og hvordan ulike forhold ved vegen påvirker systemets funksjon og virkninger.

5.1 Tekniske forutsetninger

5.1.1 Hvilke krav stiller feltskiftevarsler (LDW) til vegoppmerking?

Dagens feltskiftevarslere (LDW) og lignende systemer fungerer kun på veger med langsgående oppmerking av kjørefelt. Slike systemer fungerer ikke når oppmerkingen har for dårlig kvalitet (kontrast, retroreflektivitet mv.), når den er dekket av f.eks. snø eller når den mangler. Systemene kan få problemer under vanskelige siktforhold, f.eks. i mørke og regnvær.

Feltskiftevarsler (LDW) og lignende systemer (se avsnitt 4.7) er som regel basert på kamerateknologi for å oppdage vegoppmerking (Hadi & Sina, 2011; Re et al., 2021; Storsæther et al., 2021). Ved hjelp av et kamera oppdager systemene langsgående oppmerking og hjelper føreren på ulike måter med å holde bilen innenfor kjørefeltet.

Nyere systemer kan også fungere i situasjoner hvor vegoppmerkingen mangler eller hvor kamerabaserte systemer ikke oppdager den (se avsnitt 5.1.2).

Når systemer som er basert på vegoppmerking ikke oppdager vegoppmerkingen, deaktiveres systemet. Deaktivering varsles som regel på et display, for eksempel som vist i Figur 3. Det kan for eksempel skje på veger helt uten oppmerkede kantlinjer, når kantlinjene ikke oppdages, eller når kantlinjene mangler for eksempel ved kryss. Også ved sammenflettingsfelt, ramper og lignende kan LDW ha problemer med å oppdage kjørefeltbegrensningene (Garcia et al., 2020; Elsegood & Mackenzie, 2023).



Figur 3: LDW-system av Ford på dashbordet (venstre) med visning når vegoppmerking ikke er oppdaget (midten) og oppdaget (høyre).

Hvordan kvaliteten på vegoppmerkingen og andre forhold påvirker LDW, er undersøkt i en rekke studier, både i baneforsøk og i ekte trafikk (Burghardt et al., 2021; Elsewood & Mackaenzie, 2023; Garcia et al., 2020; Hadi et al., 2007; Hadi & Sinha, 2011; Lundkvist & Fors, 2010; Re et al., 2021; Sternlund, 2017; Storsæther et al., 2021; Teo et al., 2021). Resultatene viser at vegoppmerking er lettest å oppdage når den har god kontrast mot vegdekket (i dagslys), god retroreflektivitet (i mørke) og klare kanter. Vegoppmerking kan derimot være vanskelig eller umulig å oppdage:

Hvordan påvirker førerstøttesystemene ulykkesrisikoen?

- I mørke, regnvær og tåke, spesielt når det er både mørkt og vått
- I sterkt motlys og når det er skygger på vegen
- Ved tunnelinnganger og -utganger
- Når oppmerkingen er skjult under f.eks. snø og is
- Når oppmerkingen er slitt
- Når vegdekket er veldig ujevn eller sterkt reflekterende
- Gul oppmerking kan være vanskeligere å oppdage enn hvit (Mazda³⁰).

Situasjoner hvor vegoppmerkingen kan være vanskelig å oppdage, eller hvor LDW ikke alltid fungerer etter hensikten, er bl.a.:

- Veger ved kryss, avkjørsler, ramper, sammenflettingsfelt mv.
- Vegarbeidsområder
- Tunnelinnganger og -utganger.

Faktorer som påvirker kvaliteten på vegoppmerkingen, er (Storsæther et al., 2021):

- Type vegoppmerking: Ulike materialer har ulik holdbarhet
- Vær og vinterdrift: Salting og brøyting øker slitasjen på vegoppmerkingen; i tillegg kan forurensning fra salting redusere sikten for kameraet
- Trafikk: Høy trafikkmengde, mange tunge kjøretøy og høy piggdekkandel øker slitasjen.

LDW og lignende systemer testes på veger med ulike typer vegoppmerking, både i Euro NCAP og i forbindelse med typegodkjenning (Re et al., 2021). Euro NCAP tillater også testing på veger uten kjørefeltoppmerking, men dette er ikke obligatorisk (Euro NCAP, 2023).

5.1.2 LDW på veger uten vegoppmerking?

Dagens feltskiftevarslere (LDW) og lignende systemer fungerer kun på veger med god nok vegoppmerking. Det forskes imidlertid på ulike teknologier som kan gjøre LDW uavhengig av vegoppmerking.

Feltskiftevarslere (LDW) og lignende systemer som er på markedet i dag, benytter i all hovedsak kamera-teknologi for å oppdage kjørefeltoppmerking (se avsnitt over). Det finnes imidlertid ulike tekniske utviklinger som skal gjøre det mulig å estimere kjørefeltbegrensningene uavhengig av vegoppmerkingen.

Blant annet er det mulig å interpolere manglende oppmerkede linjer på kortere strekninger uten vegoppmerking, som ved kryss og avkjørsler (Anbalagan et al., 2022; Gamal et al., 2019).

Det gjøres forskning på systemer som også er kamerabaserte, men som kan oppdage kjørefeltbegrensninger på veger uten vegoppmerking ved hjelp av maskinlæring. Slike systemer er imidlertid mindre pålitelige enn dagens LDW-systemer på veger med oppmerkede kjørefeltlinjer (Annamalai & Lakshmikanthan, 2019; Undit et al., 2021).

Faizan et al. (2019) beskriver et system som kan benytte kartinformasjon og GPS-data for å vurdere hvorvidt bilen holder på å forlate kjørefeltet.

Volkswagen har i 2022 lansert et system som benytter kartbaserte data som er samlet inn fra andre kjøretøy. Systemet benytter informasjon om hvordan andre biler har kjørt på den samme vegen, til å

³⁰ https://owners-manual.mazda.com/gen/en/mazda3/mazda3_8fj4ee16e/contents/05281400.html (udatert)

anslå kjørefeltbegrensningene^{31, 32, 33}). Dette er basert på medieomtale; vi har ikke funnet informasjon om denne teknologien på nettsidene til Volkswagen eller i vitenskapelige studier.

Teslas autopilot kan ifølge bruksanvisningen oppdage vegkanter, men systemet forutsetter likevel god vegoppmerking for å fungere (se Tesla-eksempel i vedlegg 3 om LDW).

5.1.3 Vegbredder

Feltskiftevarsler (LDW) og kjørefeltassistent (LKA) fungerer ofte dårlig eller ikke i det hele tatt på veger med veldig smale kjørefelt. LDW kan også varsle unødvendig mye på smale veger. Den minste vegbredden for at LDW skal kunne fungere som den skal, er på rundt 2,75 meter. LDW på lastebiler krever langt større vegbredder, minst 3,5 meter på rette strekninger.

Kjørefeltbredder og LDW for personbiler

Vi har ikke funnet informasjon om hvorvidt feltskiftevarsler (LDW) og kjørefeltassistent (LKA) er dimensjonert for spesifikke kjørefeltbredder.

Flere produsenter advarer på sine nettsider om at LDW/LKA kan fungere dårlig på **for smale veger** (Mercedes, Tesla, Wuling; se vedlegg 3). De fleste oppgir ikke fra hvilken veg- eller kjørefeltbredde systemet kan få problemer. Ifølge Wuling bør kjørefelt være minst 2,5 meter brede. Volvo deaktiverer LDW på veger med en kjørefeltbredde under 2,6 meter. For Toyota-LDW bør kjørefeltbredden være på minst 3,0 meter (Elsegood & Mackenzie, 2023). LDW kan også fungere dårlig på **for brede veger** (Wuling, se vedlegg 3; Elsegood & Mackenzie, 2023).

Garcia et al. (2020) har undersøkt hvordan LDW fungerer ved ulike kjørefeltbredder med biler som kjørte i ekte trafikk. Resultatene viser følgende for personbiler:

- Kjørefeltbredder **under 2,50 meter**: LDW fungerer ikke og føreren må styre bilen (den minste kjørefeltbredde i studien var 2,3 meter)
- Kjørefeltbredder mellom 2,50 og 2,75 meter: LDW kan fungere, men dette avhenger av forholdene og forutsetter optimale betingelser
- Kjørefeltbredder **over 2,75 meter**: LDW fungerer som det skal. Det er ikke oppgitt noen øvre grense (studien er gjort på offentlige veger med en maksimal kjørefeltbredde på 3,6 meter).

Et problem med LDW på smale veger kan være **hyppige varsler**. LDW som varsler ofte og uten at føreren opplever varslene som nødvendige, oppleves som svært irriterende. Vi har ikke funnet empiriske studier som dokumenterer dette, men problemstillingen er omtalt i media, for eksempel her³⁴ i forbindelse med smale kjørefelt og vegarbeid. Dette er også hovedgrunnen til at mange slår av LDW (se avsnitt 4.7.3).

Sternlund (2021) antar at man teoretisk kan bygge veger med smalere kjørefelt når mange biler har kjørefeltassistenter med pålitelig oppdagelse av kjørefelt. Forklaringen er at bilene krever mindre slingringsmonn enn menneskelige førere. Dette er imidlertid kun basert på teoretiske vurderinger og ikke dokumentert empirisk.

³¹ <https://www.automobil-industrie.vogel.de/mobileye-assistent-haelt-auch-ohne-fahrbahn-markierungen-die-spur-a-7271c0f72ed1b6d84d58ff01bac258d5/> (datert 5. januar 2022).

³² <https://www.auto-motor-und-sport.de/tech-zukunft/vw-travel-assist-karten-mobileye/>

³³ <https://www.volkswagen-newsroom.com/de/fahrassistent-travel-assist-15398> og

³⁴ <https://www.carscoops.com/2021/12/bmws-wont-steer-you-toward-oncoming-traffic-on-narrow-roads-following-over-the-air-update/>

Kjørefeltbredder og LDW på lastebiler

For lastebiler kan **hyppige varsler** fra LDW være et større problem enn for personbiler. Lastebiler er som regel 2,50 til 2,60 meter brede (ikke medregnet speil). Minste kjørefeltbredde på nye veger i Norge er på 3,0 eller 3,5 meter (Statens vegvesens håndbok N100, 2023). De aller fleste norske vegene har imidlertid smalere kjørefelt. Veger med toveistrafikk skal være oppmerket med gul midtlinje fra en samlet asfaltert bredde på 6,0 meter og en minste kjørefeltbredde på 2,75 meter (Statens vegvesens håndbok N302, 2021).

En eldre studie viser at feltskiftevarsler (LDW) for lastebiler som regel testes på kjørefelt med en bredde på 3,5 meter (NHTSA, 2014). Testene viser at det er forskjeller mellom ulike systemer mht. hvor tidlig de varsler. I denne studien varslet systemene enten omtrent ved overkjøring av kjørefeltlinjen, eller 20 cm på utsiden av kjørefeltlinjen (etter at den er overkjørt). Her var det på rette strekninger ingen problemer med unødvendige varsler.

Som minstebredde for at LDW på lastebiler skal kunne virke som det skal, oppgir Garcia et al. (2020) **3,4 til 3,5 meter på rette strekninger**. Dette er basert på en lastebilbredde på 2,55 meter og en avstand mellom lastebil og kjørefeltoppmerkingen på minst 44 cm på hver side.

På veger med smalere kjørefelt vil det selv på en rett strekning være vanskelig å kjøre uten å komme for nær enten kant- eller midtlinjen. I kurver vil det være umulig å ikke kjøre over kant- og / eller midtlinjen. Lastebil- og bussførere kjører derfor som regel med avslått LDW/LKA³⁵. De stadige varslingene ville ikke bare være svært irriterende og distraherende, de ville også miste sin effekt, da de varsler like mye under vanlig kjøring som ved en begynnende utforkjøring.

Hvor stort problemet med hyppige varsler er, vil imidlertid avhenge av hvordan systemet fungerer, dvs. hvor tidlig det varsler og hvorvidt det klarer å identifisere situasjoner hvor det ikke bør varsle, som f.eks. kurver som ikke lar seg kjøre uten overkjøring av kjørefeltoppmerkingen. Hvis varslingene utsettes til langt etter passering av kjørefeltoppmerkingen, vil de imidlertid kunne komme for sent ved en «ekte» begynnende utforkjøring.

Et motsatt problem kan teoretisk oppstå i **krappe kurver**. Her kan deler av både lastebiler og busser komme over i motgående kjørefelt eller utenfor kantlinjen, selv om alle hjulene er innenfor kjørefeltet. Dette skyldes overhengen, dvs. at relativt store deler av kjøretøyets front eller bak ligger foran/bak hjulene slik at de har langt større plassbehov i kurver enn hjulene. I praksis vil dette problemet trolig ikke være stor da overheng i hovedsak er et problem i krappe kurver og ved lav fart hvor feltskiftevarsler som regel ikke er aktiv.

Skulderbredde

Smale vegskuldre kan begrense muligheten for å styre bilen tilbake i kjørefeltet etter at den har krysset kantlinjen. Scanlon et al. (2016) antar derfor at LDW/LKA vil være mest effektive på veger med brede skuldre. Dette er imidlertid ikke dokumentert empirisk.

Hypotesen er motsatt til hvordan forsterket vegoppmerking virker. Forsterket vegoppmerking har omtrent samme effekt som LDW: Det produserer vibrasjon og lyd ved overkjøring, slik at førere blir varslet når de er i ferd med å komme utenfor kjørefeltet. Virkningen på ulykker har vist seg å være størst på veger med smale skuldre (Elvik et al., 2023).

Vi antar at skulderbredden er mest relevant for LDW som varsler sent, dvs. først når bilen krysser kjørefeltlinjen eller senere. Da kan det være for sent for å styre bilen tilbake i kjørefeltet hvis vegskulderen er smal. Kommer varslingen tidlig, er skulderbredden trolig mindre relevant. Også for kjørefeltassistenter

³⁵ Person med lang erfaring som lastebilfører, personlig kommunikasjon 1. november 2023.

(LKA) som skal holde bilen innenfor kjørefeltet på egen hånd, kan skulderbredden tenkes å være mindre relevant.

En eldre studie av LDW på lastebiler (NHTSA, 2014) viste at to ulike systemer varsler enten når bilen krysser kjørefeltlinjen eller 20 cm utenfor. Her vil det på en veg med smale skuldre kanskje være for sent.

5.1.4 Kurver

Feltskiftevarsler (LDW) og kjørefeltassistent (LKA) fungerer ofte dårlig i krappe kurver, især når vegen er smal. Dette er et større problem for lastebiler enn for personbiler. LDW vil imidlertid ofte være inaktiv i krappe kurver.

Feltskiftevarsler (LDW) og kjørefeltassistent (LKA) kan fungere dårlig i krappe kurver (Sternlund, 2021; Elsewood & Mackenzie, 2023). Også flere produsenter advarer på side nettsider om at LDW/LKA ikke alltid fungerer som det skal i krappe kurver (Mazda, Mercedes, Tesla; se vedlegg 3).

LDW/LKA er i utgangspunktet ment for kjøring på motorveger og andre veger med brede kjørefelt og slake kurver. Systemene fungerer som regel først fra en fart på rundt 60-70 km/t og dermed ikke i kurver hvor farten må settes ned til under 60-70 km/t. I studien til Elsewood og Mackenzie (2023) er det i hovedsak i kurver med en radius under 150 meter at LDW kan få problemer med å oppdage vegoppmerkingen. Ved en 150 meter-radius kjører de fleste førerne i opptil 70-80 km/t, avhengig av fartsgrensen (Cvitanic et al., 2012; Donnell et al., 2018).

Vi antar derfor at LDW på personbiler kan fungere som det skal i de fleste kurvene med en radius over 150 meter, forutsatt kjørefeltbredde og vegoppmerking er bra nok. For å vise hvordan kurver med radier rundt 150 ser ut, viser Figur 4 noen kurver på norske veger med radier mellom 50 og 200 meter. I de to krappeste kurven (øverst i figuren) ville man ikke forvente LDW til å fungere, mens det kan fungere i de to mindre krappe kurvene (nederst i figuren).



Horisontalkurveveradius: 52 meter
Kjørefeltbredde: 3,0-3,1 meter



Horisontalkurveveradius: 115 meter
Kjørefeltbredde: 3,0-3,1 meter



Horisontalkurveveradius: 153 meter
Kjørefeltbredde: 3,6-3,7 meter



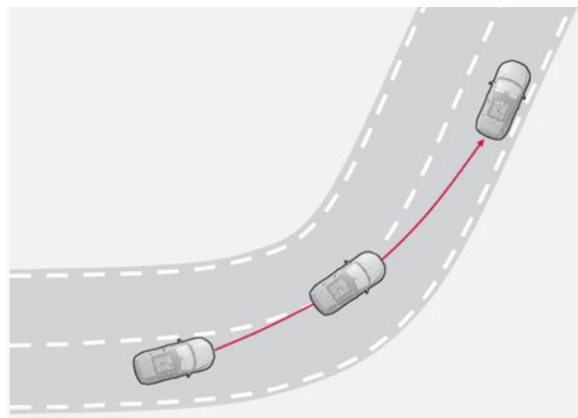
Horisontalkurveveradius: 205 meter
Kjørefeltbredde: 3,3 meter

Figur 4: Kurver på norske veger med radier mellom 50 og 200 meter (Goole Maps Streetview / vegkart.no).

Hvordan påvirker førerstøttesystemene ulykkesrisikoen?

En annen problemstilling i kurver kan være at LDW kan **varsle unødvendig mye**. Som Figur 5 viser kjører biler i kurver ofte nærmere eller over midtlinjen (eller kantlinjen i høyrekurver) for å få en bedre kjørekurve. Store biler, spesielt lastebiler med tilhenger og semitrailere, må langt oftere enn personbiler kjører nærmere eller over kant- eller midtlinjer i kurver. Varslinger fra LDW kan i slike situasjoner være både irriterende og distraherende, samt at forsøk på å få bilen bort fra midt-/kantlinjen kan være direkte farlige. Veger med krappe kurver er imidlertid som regel så smale at de fleste lastebilene uansett vil ha slått av LDW (se avsnitt 5.1.3 om vegbredder og LDW på lastebiler). Hvorvidt kurver på motorveger også kan være et problem, vet vi ikke.

For å unngå problemet med unødvendige varsler i kurver kan Volvos LDW/LKA tillate overkjøring av midtlinjen i kurver, uten at systemer varsler eller forsøker å styre bilen tilbake i kjørefeltet (se LDW/LKA – Volvo i vedlegg 3).



Figur 5: Personbil i kurve (Volvocars.com³⁶).

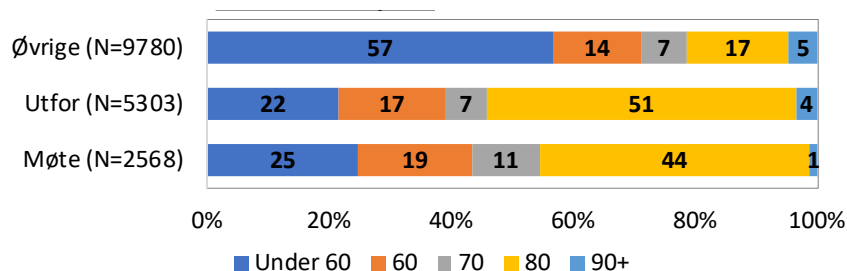
5.2 Virkninger på ulykker: Ulike virkninger av LDW/LKA på ulike typer veg?

Feltskiftevarsler (LDW) og kjørefeltassistent (LKA) har trolig størst effekt på veger med mange møte- og utforkjøringsulykker; de fleste slike ulykker i Norge skjer på fylkesveger med fartsgrense 80 km/t. Virkningen på møte- og utforkjøringsulykker vil være størst på veger med langsgående kant- og midttoppmerking, på rette strekninger utenfor kryss og på strekninger hvor fartsnivået er over 60-70 km/t.

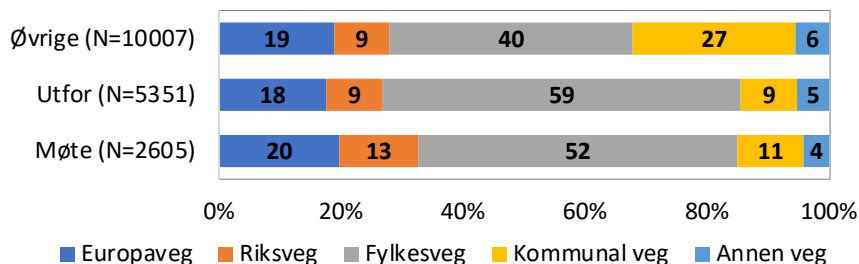
Ingen av studiene som har undersøkt virkninger av feltskiftevarsler (LDW) eller kjørefeltassistent (LKA) på antall ulykker (avsnitt 4.7), har undersøkt virkningen på ulike typer veg. I en svensk studie forventes det at LDW vil ha størst på tofeltsveger med fartsgrense 70 km/t (Sternlund, 2017).

For å vurdere på hvilke typer veg LDW/LKA kan forventes å ha størst effekt i Norge, viser Figur 6 og Figur 7 hvordan møte- og utforkjøringsulykker fordeler seg på henholdsvis ulike fartsgrenser og ulike vegkategorier. Både møte- og utforkjøringsulykker skjer i langt større grad enn andre ulykker på veger med fartsgrense 80 km/t og på fylkesveger. På slike veger skjer altså de fleste ulykkene som potensielt kan forhindres av LDW/LKA. Det betyr ikke at virkningen er størst på disse vegene.

³⁶ <https://www.volvocars.com/at/support/car/v40/article/6d1dd86e1188beacc0a801e8001f2359>



Figur 6: Fordeling av møte-, utforkjørings- og øvrige personskadeulykker på veger med ulike fartsgrenser i Norge, 2018-2022.



Figur 7: Fordeling av møte-, utforkjørings- og øvrige personskadeulykker på ulike vegkategorier i Norge, 2018-2022.

I det følgende diskuterer vi en rekke vegrelaterte faktorer som kan ha betydning for virkningen av LDW/LKA på møte- og utforkjøringsulykker.

Kurver: Ved kjøring i kurver er det i gjennomsnitt større variasjon i sideplasseringen og førere kjører i større grad nær kant- eller midtlinjen (Romano et al., 2022). Dette tilsier at LDW/LKA teoretisk kan ha større effekt i kurver enn på rette strekninger.

Utforkjøring i kurve er imidlertid ofte relatert til for høy fart og at førere mister kontroll over bilen. I slike ulykker kan LDW/LKA ikke forventes å ha noen (stor) effekt. I tillegg fungerer LDW/LKA ofte dårlig i krappe kurver eller slår seg av, og systemene fungerer først fra en fart på som regel 60-70 km/t. I kurver hvor farten må reduseres til under dette vil LDW/LKA følgelig ikke kunne påvirke ulykker.

Fartsgrense: LDW/LKA kan ikke ha noen effekt på veier med fartsgrenser som er lavere enn minste-farten for systemet. Det kan derfor ikke forventes å ha noen effekt på veier med fartsgrenser på 60 km/t eller lavere. Dette er ofte kommunale veier i tettbygd strøk. Også fylkesveier har ofte fartsgrense 60 km/t når de går gjennom middels tett bebyggelse.

Vegoppmerking: Dagens LDW/LKA-systemer kan ikke forventes å ha noen effekt på veier uten langs-gående oppmerking og virkningen vil i beste fall være liten på veier uten midtoppmerking. På veier uten midtoppmerking vil virkningen avhenge av hvordan systemet fungerer. Hvis LDW/LKA fører til at førere kjører nærmere midten av vegen, kan risikoen for møteulykker øke. Veier uten midtoppmerking finnes man mest på fylkesvegnettet.

Kjørefeltbredde: LDW/LKA fungerer ifølge produsentene dårlig eller slår seg av på veier med smale kjørefelt. Hva som menes med «smal» er som regel ikke spesifisert, men det nevnes bredder under 2,50 meter, 2,60 meter og 3,00 meter.

Skulderbredde: Skulderbredden kan også ha betydning for hvor effektivt LDW/LKA er. Scanlon et al. (2016) antar at LDW har liten eller ingen effekt på veier med smalere skuldre. Dette er imidlertid ikke dokumentert empirisk. Hvorvidt LDW har ulik effekt på veier med smale og brede skuldre, avhenger trolig av hvor tidlig systemet varsler (se avsnitt 5.1.3 Vegbredder).

Kryss mv: LDW/LKA kan ikke forventes å ha noen effekt i kryss eller rundkjøringer, sammenflettingsfelt og andre steder hvor det enten mangler tydelig kjørefeltoppmerking eller hvor bilene må senke farten.

Dette vil gjelde store deler av det kommunale vegnettet, mindre andeler av fylkesvegnettet, og enda mindre andeler av riks- og europavegnettet.

For å oppsummere, vil LDW/LKA trolig være minst effektive på de deler av vegnettet hvor det skjer flest ulykker som potensielt kan bli forhindret. LDW/LKA kan forventes å ha størst effekt på veger med en relativt høy standard, som i hovedsak er europaveger samt deler av riksvegnettet.

5.3 Virkninger på føreratferd: Ulike virkninger av feltskiftevarsler (LDW) på ulike typer veg?

På veger hvor systemet ikke virker som de skal, kan både feltskiftevarsler (LDW) og kjørefeltassistent (LKA) ha noen uheldige effekter på føreratferd. Bl.a. kan førere miste oversikten over når systemet er aktivt og ikke, slik at det kan oppstå situasjoner hvor de antar at systemet vil hjelpe dem med å holde bilen i kjørefeltet, mens systemet i realiteten er inaktivt eller avslått.

Feltskiftevarsler (LDW) og kjørefeltassistent (LKA) er i hovedsak ment for kjøring på motorveger og andre større veger med tydelig og gjennomgående langsgående oppmerking og uten kryss eller krappe kurver. Flere produsenter advarer også mot bruk av systemet på for eksempel smale eller svingete veger, samt at det kan fungere dårlig i alle situasjoner hvor den langsgående vegoppmerkingen ikke er tosidig, gjennomgående og av god kvalitet (jf. avsnitt 5.1.1).

Virkninger på føreratferd er i hovedsak undersøkt på veger hvor **LDW virker som den skal** (avsnitt 4.7.3). Resultatene viser bl.a. at LDW fører til at man i større grad holder seg i midten av kjørefeltet. De viser imidlertid også at førere er mindre oppmerksomme og bruker mer tid på sekundær oppgaver. Videre oppleves varslinger fra LDW ofte som så irriterende at mange førere slår av LDW for å unngå irritasjonen. Dette gjelder spesielt på smale veger, og især for lastebiler og busser. Problemet med mange varslinger kan være mindre for nyere systemer som i langt mindre grad varsler med lyd.

På veger hvor **LDW ikke fungerer**, kan man ikke forvente de samme effektene. Likevel kan erfaringene som en fører gjør med LDW på andre veger, påvirke kjøringen (Høyve et al., 2022):

- Føreren kan (feilaktig) anta at systemet er aktivt og vil varsle dem ved begynnende utforkjøring, dermed kan de bli mindre oppmerksomme
- Føreren kan være mindre vant til å styre bilen helt på egen hånd, slik at dette blir mer krevende.
- Førere kan være usikre på hvorvidt systemet er aktivt, noe som kan virke distraherende.

I alle tilfellene vil virkningen være uheldig for trafiksikkerheten. Vi har imidlertid ikke funnet empiriske studier som har undersøkt slike effekter.

På veger hvor **LDW fungerer bare delvis**, kan det oppstå andre problemer, og disse vil avhenge av hvordan systemet oppfører seg i situasjoner hvor det ikke har noe vegoppmerking å styre bilen etter. Også her vil det kunne oppstå situasjoner hvor føreren ikke vet hvorvidt systemet er aktivt eller ikke, eller hvor han feilaktig antar at det er aktivt.

Vi har ikke funnet studier som har undersøkt hvordan LDW påvirker føreratferd på ulike typer veg. Johnson et al. (2016) har i en naturalistisk føreratferdsstudie undersøkt hvordan førere styrer bilen på veger med ulike kjørefeltbredder og i kurver med ulike radier. Resultatene viser følgende:

- I smalere kjørefelt er det i gjennomsnitt større sideakselerasjon, dvs. at førere gjør mer rykkete rattbevegelser enn på veger med bredere kjørefelt.
- I krappere kurver er det i gjennomsnitt større sideakselerasjon, mindre avstander til kantlinjen og flere overkjøringer av kantlinjen.

Disse resultatene viser at det på veger med smalere kjørefelt og krappere kurver vil være flere anledninger hvor LDW vil varsle føreren. De viser imidlertid også at det prinsipielt er mulig å utforme LDW-

systemet slik at det «lærer» seg førerens kjørestil, slik at det unngår å varsle i situasjoner hvor føreren f.eks. gjør en brå rattbevegelse, men hvor han erfaringsmessig likevel ikke vil kjøre over kantlinjen.

6 Diskusjon: Førerstøttesystemers betydning for trafiksikkerhet

Denne rapporten gir en oversikt over en rekke førerstøttesystemer og hvordan de kan påvirke trafiksikkerheten.

Ulykkesreducerende effekter av førerstøttesystemer

For de fleste førerstøttesystemene er det funnet positive effekter på trafiksikkerheten, dvs. at de reduserer risikoen for spesifikke ulykkestyper. For noen systemer er virkningen ukjent da det mangler studier som har undersøkt virkningen på ulykker i ekte trafikk. Dette gjelder kjørefeltholder (ELK), dørvarsling som skal forhindre ulykker hvor en syklist kjører inn i en åpen bildør, trøtthets- og distraksjonsvarsling og kombinerte systemer. Man kan likevel forvente at også disse systemene vil ha positive effekter i den forstand at de reduserer relevante ulykker.

Når man ser på hvilke deler av bilkjøringen systemene påvirker, kan førerstøttesystemer reduserer risikoen i mange ulike situasjoner.

- **Stabilitet:** Elektronisk stabilitetskontroll (ESC) reduserer risikoen i situasjoner hvor føreren mister kontrollen for eksempel på grunn av for høy fart i kurver.
- **Langsgående regulering (fart og nedbremsing):** Flere systemer kan støtte føreren i å holde en tilpasset fart (Adaptive Cruise Control, ACC, og intelligent fartstilpasning, ISA) og å bremse ned bilen når dette er nødvendig (kollisjonsvarsling, FCW, automatisk nødbremse, AEB, varsling for myke trafikanter, nødbremseassistent). Også kjørefeltholder (ELK) kan bremse ned bilen når dette er nødvendig. I tillegg finnes systemer som kan stanse bilen (ev. også kjøre den til høyre i kjørefeltet eller på vegskulderen) når det er tegn på at føreren ikke lenger er i stand til å kjøre; dette er i hovedsak systemer som i stor grad kan overta kontrollen over enkelte eller flere kjøreoppgaver som f.eks. såkalte «autopiloter».
- **Sideveis (styring):** Systemer som kan støtte føreren i å holde bilen innenfor kjørefeltet, er feltskiftevarsler (LDW) og lignende systemer (kjørefeltassistent, LKA, og kjørefeltholder, ELK). Andre systemer kan hjelpe føreren unngå konflikter med trafikk ved siden av bilen (blindsonevarsler, dørvarsling).
- **Baklengs:** Ulike typer rygge- og parkeringsassistenter kan hjelpe føreren å unngå påkjørsler under rygging eller de kan på egen hånd parkere bilen.
- **Generelt:** Ulike typer trøtthets- og distraksjonsvarsling kan varsle føreren når systemet oppdager tegn på trøtthet eller distraksjon. Systemer som gir langsgående eller sideveis førerstøtte, har ofte også mekanismer som skal sikre at føreren opprettholder oppmerksomheten (for eksempel ha hendene på rattet).

Flere systemer kan imidlertid ha negative effekter på føreratferd, som regel fordi førere i for stor grad stoler på systemene, og fordi førere blir distraherede og uoppmerksomme. Førere kan derfor ha lengre reaksjonstider og de kan reagere mindre hensiktsmessig i kritiske situasjoner.

Kan virkningen av de enkelte systemene summeres?

Summerer man virkningene av alle de ulike systemene, kunne man forvente store reduksjoner av det totale antall ulykker. Det finnes få situasjoner hvor ingen førerstøttesystemer kan hjelpe føreren. Et slikt regnestykke går imidlertid ikke opp. Dette viser studier som har undersøkt virkninger på føreratferd og studier av kombinerte systemer og såkalte selvkjørende biler.

I det følgende diskuterer vi noen faktorer som kan bidra til at virkningen av førerstøttesystemer kan være mindre enn forventet, enten for enkelte systemer eller for kombinasjoner av ulike systemer.

Virkingen på ulykker av enkelte systemer kan potensielt være **overestimert**. De fleste empiriske studier som ligger til grunn for vurderingen av ulykkeseffekten, er metodologisk relativt gode (jf. avsnitt 2.1.4). Likevel kan virkningene være noe overestimert da det sjelden er mulig å kontrollere for alle relevante faktorer. For eksempel kan man kontrollere for kjørelengde og generelle egenskaper ved førerne (f.eks. alder og kjønn). Det er derimot vanskelig eller umulig i empiriske ulykkesstudier å kontrollere for føreregenskaper som holdninger eller kjørestil. For eksempel kan førere som kjøper førerstøttesystemer som ekstrautstyr (f.eks. ISA) tenkes å være mer interessert i trafiksikkerhet, noe som kan påvirke kjørestilen (f.eks. at han uansett vil kjøre saktere enn en som er mindre interessert i dette). Det kan også være publikasjonsskjevhet, dvs. at resultater som ikke viser positive effekter, i mindre grad blir publisert enn resultater som viser positive effekter.

Førerstøttesystemer kan ha **utilsiktede virkninger** på føreratferd. Den vanligste effekten er at førerne blir uoppmerksomme og gjør andre ting enn å fokusere på bilkjøringen, vegen og trafikken. En slik effekt er i mange studier funnet for Adaptive Cruise Control (ACC), men også feltskiftevarsler (LDW) og lignende systemer kan ha en slik effekt. Også for andre systemer er det funnet tegn på at førere har overdreven tillit til systemet, for eksempel for ryggeassistenter på tunge kjøretøy. Kombinerer man flere systemer, vil slike effekter trolig forsterke seg. Ved kjøring med selvkjørende biler er det ikke uvanlig at sikkerhetsjåføren sovner (Vaa et al., 2021).

I tillegg ser vi at **førerstøttesystemer ikke alltid brukes etter hensikten**. Førere mangler ofte kunnskap om førerstøttesystemene. Derfor klarer de ikke alltid å skjønne betydningen av symboler og varsler eller vet ikke når og hvordan man kan slå systemet av og på. De kan også mangle kunnskap om systemets begrensninger, slik at de ikke vet når de må gripe inn i situasjoner hvor systemet ikke lenger fungerer. De kan også miste oversikten over hvilke systemer som er aktive til enhver tid (modusforvirring). Et eksempel på misbruk av førerstøttesystemer er når førere lurer systemet til å tro at de er oppmerksomme ved at de har en hånd på rattet mens de driver med noe helt annet med den andre hånden. Kombinert med en overdreven tillit til systemet, er det sannsynlig at førere ikke er klar over at atferden er farlig.

Førerstøttesystemer kan påvirke **samhandling med andre trafikanter**. Dette kan noen ganger være positivt, som når intelligent fartstilpasning (ISA) gjør at også flere biler uten ISA holder fartsgrensen. Andre ganger kan det være mindre positivt, som når førere i for stor grad stoler på at bilen vil unngå alle kollisjoner med fotgjengere og syklister. Det mulig at slike interaksjonseffekter og feilaktige forventninger om systemets fortrefelighet har bidratt til at det ikke er funnet noen effekt av syklistvarsling.

Førerstøttesystemene kan i seg selv ha noen uheldige effekter. De kan virke distraherende, især når de varsler ofte eller med lyd. Når systemer oppleves som irriterende, er det mange som slår dem av. Dette gjelder for eksempel tidligere versjoner av LDW som varsler med lyd.

Varsling med lys kan også skape forvirring og u hensiktsmessige reaksjoner. For eksempel når førere tolker en pipelyd som faresignal, kan de bremse ned bilen uten at dette er nødvendig og dermed øke risikoen for konflikter.

Et spesifikt problem ved de nyeste bilene og biler med mer avanserte funksjoner er store skjermer. De kan være distraherende og de kan gjøre det vanskeligere å styre elementære funksjoner på bilen når de erstatter fysiske knapper. De kan også friste til å gjøre enda flere ting som ikke har med bilkjøring å gjøre.

Førerstøttesystemer **kan skape konfliktsituasjoner** som ikke hadde oppstått uten systemene. Dette viser studier av kombinerte systemer og såkalte selvkjørende biler. I ulykker med selvkjørende biler er det typisk helt andre faktorer som bidrar til ulykkene enn i ulykker med førerstyrte biler (Vaa et al., 2021), som f.eks. at bilen ikke oppdager hindre eller at føreren ikke reagerer hensiktsmessig fordi han har feilaktige forventninger til systemet eller ikke er klar over hvordan det fungerer.

For å oppsummere er det ikke mulig å predikere hvordan økende utbredelse av ulike typer førerstøttesystemer, og senere økende grad av automatisering vil påvirke ulykkesrisikoen. Førerstøttesystemer har

Hvordan påvirker førerstøttesystemene ulykkesrisikoen?

i all hovedsak vist seg å ha positive trafiksikkerhetseffekter, selv om de kan ha noen utilsiktede virkninger. Økende automatisering i den forstand at førerstøttesystemer overtar stadig større deler av føreroppgaven, kan også fjerne en rekke faktorer som bidrar til ulykker. Det kan imidlertid også føre til nye problemer som kan bidra til konflikter og ulykker som ikke hadde skjedd uten automatisering.

Referanser

- Acerra, E. M., Lantieri, C., Simone, A., Di Flumeri, G., Borghini, G., Babiloni, F., ... & Vignali, V. (2022). The Impact of the Adaptive Cruise Control on the Drivers' Workload and Attention. Available at SSRN 4281921.
- Adell, E., Varhelyi, A. & Fontana, M. D. (2011). The effects of a driver assistance system for safe speed and safe distance - a real-life field study. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 19(1), 145-155.
- Albadawi, Y., Takruri, M., & Awad, M. (2022). A review of recent developments in driver drowsiness detection systems. *Sensors*, 22(5), 2069.
- Anbalagan, S., Srividya, P., Thilaksurya, B., Senthivel, S. G., Suganeshwari, G., & Raja, G. (2023). Vision-Based Ingenious Lane Departure Warning System for Autonomous Vehicles. *Sustainability*, 15(4), 3535.
- Annamalai, J., & Lakshmikanthan, C. (2019). An optimized computer vision and image processing algorithm for unmarked road edge detection. In *Soft Computing and Signal Processing: Proceedings of ICSCSP 2018*, Volume 1 (pp. 429-437). Springer Singapore.
- Bainbridge, L. (1983). Ironies of automation. *Automatica*, 19(6), 775-779.
- Banks, V. A., Eriksson, A., O'Donoghue, J., & Stanton, N. A. (2018). Is partially automated driving a bad idea? Observations from an on-road study. *Applied ergonomics*, 68, 138-145.
- Bao, S., LeBlanc, D. J., Sayer, J. R., & Flannagan, C. (2012). Heavy-Truck Drivers' Following Behavior With Intervention of an Integrated, In-Vehicle Crash Warning System: A Field Evaluation. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 54(5), 687-697.
- Beggiato, M., Pereira, M., Petzoldt, T., & Krems, J. (2015). Learning and development of trust, acceptance and the mental model of ACC. A longitudinal on-road study. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 35, 75-84.
- Benmimoun, M., Pütz, A., Zlocki, A. & Eckstein, L. (2013). Eurofot: Field operational test and impact assessment of advanced driver assistance systems: Final results. *Proceedings of the FISITA 2012 World Automotive Congress in Lecture Notes in Electrical Engineering*, 2013, Vol. 197, pp. 537-547.
- Bianchi Piccinini, G. F., Rodrigues, C. M., Leitão, M., & Simões, A. (2015). Reaction to a critical situation during driving with Adaptive Cruise Control for users and non-users of the system. *Safety Science*, 72, 116-126.
- Blower, D., & Woodroffe, J. (2013). Real-World Safety Effect of Roll Stability Control (0148-7191). *SAE Technical Papers 2013-01-2392*.
- Braun, C. T., Hetmank, C., Exadaktylos, A. K., & Klukowska-Rötzler, J. (2022). Dooring Bicycle Accidents with Severe Injury Patterns: 10-Year Study of a Level 1 Trauma Center. *Praxis*, 111(13), 722-729.
- Breuer, J. J., Faulhaber, A., Frank, P., & Gleissner, S. (2007, June). Real world safety benefits of brake assistance systems. In *20th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV)* (No. 07-0103).
- Budd, L., Newstead, S., & Stephens, A. (2020). VSRG Research Program: A Realworld Evaluation of Autonomous Emergency Braking and Forward Collision Warning in Australasian Light Vehicles.
- Burghardt, T. E., Popp, R., Helmreich, B., Reiter, T., Böhm, G., Pitterle, G., & Artmann, M. (2021). Visibility of various road markings for machine vision. *Case Studies in Construction Materials*, 15, e00579.
- Cades, D. M., Crump, C., Lester, B. D., & Young, D. (2017). Driver distraction and advanced vehicle assistive systems (ADAS): investigating effects on driver behavior. In *Advances in Human Aspects of Transportation: Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Human Factors in Transportation*, July 27-31, 2016, Walt Disney World®, Florida, USA (pp. 1015-1022). Springer International Publishing.
- Chauvel, C., Page, Y., Fildes, B., & Lahausse, J. (2013). Automatic emergency braking for pedestrians - effective target population and expected safety benefits. *Proceedings of the 23rd International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV)*.

Hvordan påvirker førerstøttesystemene ulykkesrisikoen?

- Chen, H., Cao, L., & Logan, D. B. (2011). Investigation Into the Effect of an Intersection Crash Warning System on Driving Performance in a Simulator. *Traffic Injury Prevention*, 12(5), 529-537.
- Cicchino, J. (2016B). Effectiveness of Volvo's City Safety Low-Speed Autonomous Emergency Braking System in Reducing Police-Reported Crash Rates. Insurance Institute for Highway Safety.
- Cicchino, J. (2017A). Effectiveness of forward collision warning and autonomous emergency braking systems in reducing front-to-rear crash rates. *Accident Analysis and Prevention*, 99, 142-152.
- Cicchino, J. (2019A). Real-world effects of rear automatic braking and other backing assistance systems. *Journal of Safety Research*, 68, 41-47.
- Cicchino, J. B. & McCartt, A. T. (2014). Experiences of Model Year 2011 Dodge and Jeep Owners With Collision Avoidance and Related Technologies. *Traffic Injury Prevention*, 16(3), 298-303.
- Cicchino, J. B. (2016A). Effectiveness of forward collision warning systems with and without autonomous emergency braking in reducing police-reported crash rates. Arlington, VA: Insurance Institute for Highway Safety.
- Cicchino, J. B. (2017B). Effects of rearview cameras and rear parking sensors on police-reported backing crashes. *Traffic Injury Prevention*, 18(8), 859-865.
- Cicchino, J. B. (2017B). Effects of rearview cameras and rear parking sensors on police-reported backing crashes. *Traffic Injury Prevention*, 18(8), 859-865.
- Cicchino, J. B. (2022). Effects of automatic emergency braking systems on pedestrian crash risk. *Accident Analysis & Prevention*, 172, 106686.
- Cicchino, J. B. (2023). Effects of forward collision warning and automatic emergency braking on rear-end crashes involving pickup trucks. *Traffic injury prevention*, 1-6.
- Cicchino, J.B. (2018A). Effects of lane departure warning on police-reported crash rates. *Journal of Safety Research*, 71-70.
- Cicchino, J.B. (2018B). Effects of blind spot monitoring systems on police-reported lane-change crashes. *Traffic Injury Prevention*, 19(6), 615-622.
- Cicchino, J. (2019B). Real-world effects of rear cross-traffic alert on police-reported backing crashes. *Accident Analysis and Prevention*, 123, 350-355.
- Cvitanić, D., Vukoje, B., & Breški, D. (2012). Methods for ensuring consistency of horizontal alignment elements. *Građevinar*, 64(05.), 385-393.
- De Winter, J. C., Happee, R., Martens, M. H., & Stanton, N. A. (2014). Effects of adaptive cruise control and highly automated driving on workload and situation awareness: A review of the empirical evidence. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 27, 196-217.
- Dean, M. E., & Riexinger, L. E. (2022). Estimating the Real-World Benefits of Lane Departure Warning and Lane Keeping Assist (No. 2022-01-0816). SAE Technical Paper.
- Dean, M. E., & Riexinger, L. E. (2022). Estimating the Real-World Benefits of Lane Departure Warning and Lane Keeping Assist (No. 2022-01-0816). SAE Technical Paper.
- DeGuzman, C. A., & Donmez, B. (2021). Drivers still have limited knowledge about adaptive cruise control even when they own the system. *Transportation research record*, 2675(10), 328-339.
- Doyle, M., Edwards, A., & Avery, M. (2015). AEB real world validation using UK motor insurance claims data. In *Proceedings of the 24th ESV Conference* (pp. 13-58).
- Dingus, T. A., Neale, V. L., Klauer, S. G., Petersen, A. D., & Carroll, R. J. (2006). The development of a naturalistic data collection system to perform critical incident analysis: an investigation of safety and fatigue issues in long-haul trucking. *Accident Analysis & Prevention*, 38(6), 1127-1136.
- Doecke, S. D., Raftery, S. J., Elsegood, M. E., Mackenzie, J. R. R. (2021). Intelligent Speed Adaptation (ISA): benefit analysis using EDR data from real world crashes. CASR report series 176. Centre for Automotive Safety Research, University of Adelaide.

- Donnell, E. T., Kersavage, K., & Tierney, L. F. (2018). Self-Enforcing Roadways: A Guidance Report (No. FHWA-HRT-17-098). United States. Federal Highway Administration.
- Dunn, N., Dingus, T., & Soccolich, S. (2019). Understanding the impact of technology: Do advanced driver assistance and semi-automated vehicle systems lead to improper driving behavior. Virginia Tech Transportation Institute, American Automobile Association, Washington, DC.
- Dunn, N. J., Dingus, T. A., Soccolich, S., & Horrey, W. J. (2021). Investigating the impact of driving automation systems on distracted driving behaviors. *Accident Analysis & Prevention*, 156, 106152.
- Dunn, N., Dingus, T., & Soccolich, S. (2019). Understanding the impact of technology: Do advanced driver assistance and semi-automated vehicle systems lead to improper driving behavior. Virginia Tech Transportation Institute, American Automobile Association, Washington, DC.
- Eby, D. W., Molnar, L. J., Zhang, L., St Louis, R. M., Zanier, N., Kostyniuk, L. P., & Stanciu, S. (2016). Use, perceptions, and benefits of automotive technologies among aging drivers. *Injury epidemiology*, 3(1), 1-20.
- EC (2022). New rules to improve road safety and enable fully driverless vehicles in the EU. Press release, 6 July, 2022. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_4312.
- EC (2022). New rules to improve road safety and enable fully driverless vehicles in the EU. Press release, 6 July, 2022. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_4312.
- Eichelberger, A. H., & McCartt, A. T. (2014). Toyota Drivers' Experiences with Dynamic Radar Cruise Control, the Pre-Collision System, and Lane-Keeping Assist. Insurance Institute for Highway Safety, March 2014.
- Eichelberger, A. H., & McCartt, A. T. (2014). Toyota Drivers' Experiences with Dynamic Radar Cruise Control, the Pre-Collision System, and Lane-Keeping Assist. Insurance Institute for Highway Safety, March 2014.
- Elsegood, M. E., & Mackenzie, J. R. R. (2023). A review of SA line markings for suitability with lane support systems: a video analysis trial (No. CASR 172). Centre for Automotive Safety Research, The University of Adelaide.
- Elvik, R. & Høy, A.K. (2018). Potensialet for å redusere antall drepte og hardt skadde i trafikken fram til 2030. TØI-Rapport 1645/2018.
- Elvik, R. (2023A). Intelligent fartstilpasning. Trafikksikkerhetshåndboken, kapittel 4.34. TØI-Arbeidsdokument.
- Elvik, R. (2023B). Kooperative førerstøttesystemer. Trafikksikkerhetshåndboken, kapittel 4.36. TØI-Arbeidsdokument.
- Elvik, R. (2023C). Automatiserte kjøretøy. Kapittel 4.38, Trafikksikkerhetshåndboken. <https://www.tshandbok.no/del-2/4-kjoeretoeyteknikk-og-personlig-verneutstyr/4-38-automatiserte-kjoeretoey/>
- Elvik, R. & Høy, A.K. (2021). Hva forklarer nedgangen i antall drepte eller hardt skadde i trafikken etter 2000? En oppdatering. TØI-Rapport 1816/2021.
- Elvik, R. (2004). To what extent can theory account for the findings of road safety evaluation studies?. *Accident Analysis & Prevention*, 36(5), 841-849.
- Elvik, R. (2014). Problems in determining the optimal use of road safety measures. *Research in Transportation Economics*, 47, 27-36.
- Elvik, R., Høy, A.K., Ydersbond, I.M., & Milch, V. (2023). Sikkerhetsmarginer under press - Hva betyr vegutforming for trafikksikkerhet og hva betyr samfunnsutvikling for vegutforming? TØI-Rapport (publiseres 2023/2024).
- Eriksson, L., Bolling, A., Alm, T., Andersson, A., Ahlström, C., Blissing, B., & Nilsson, G. (2013). Driver acceptance and performance with LDW and rumble strips assistance in unintentional lane departures. ViP publication 2013-4. Linköping: Virtual Prototyping and Assessment by Simulation.
- ETSC (2022). ETSC welcomes higher standards for automated emergency braking systems on HGVs. <https://etsc.eu/etsc-welcomes-higher-standards-for-automated-emergency-braking-systems-on-hgvs/> (besøkt 2. nov. 2023).

Hvordan påvirker førerstøttesystemene ulykkesrisikoen?

- EUR-Lex (2022). Type-approval requirements to ensure the general safety of vehicles and the protection of vulnerable road users <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/LSU/?uri=CELEX:32019R2144> (besøkt 31. okt. 2023).
- Euro NCAP (2023). Test protocol Lane Support Systems. <https://cdn.euroncap.com/media/67895/euro-ncap-lss-test-protocol-v40.pdf>
- Faizan, M., Hussain, S., & Hayee, M. I. (2019). Design and development of in-vehicle lane departure warning system using standard global positioning system receiver. *Transportation research record*, 2673(8), 648-656.
- Fildes, B., Keall, M., Bos, N., Lie, A., Page, Y., Pastor, C., ... & Tingvall, C. (2015). Effectiveness of low speed autonomous emergency braking in real-world rear-end crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 81, 24-29.
- Fisher, D. L., Nodine, E., Lam, A., Jerome, C., Monk, C., & Najm, W. (2016). Effects on drivers' behavior of forward collision warning system alerts. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 60, No. 1, pp. 1656-1660). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.
- Flannagan, C. A., Kiefer, R. J., Bao, S., Leblanc, D. J., & Geisler, S. P. (2014). Reduction of backing crashes by production rear vision camera systems. *Journal of Ergonomics* (S3), 1-4.
- Flannagan, C., LeBlanc, D., Bogard, S., Kazutoshi, N., Narayanaswamy, P., Leslie, A., ... Lobes, K. (2016). Large-scale field test of forward collision alert and lane departure warning systems. Report DOT HS 812 247). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.
- Gamal, I., Badawy, A., Al-Habal, A. M., Adawy, M. E., Khalil, K. K., El-Moursy, M. A., & Khattab, A. (2019). A robust, real-time and calibration-free lane departure warning system. *Microprocessors and Microsystems*, 71, 102874.
- García, A., & Camacho-Torregrosa, F. J. (2020). Influence of lane width on semi-autonomous vehicle performance. *Transportation research record*, 2674(9), 279-286.
- Gaspar, J. G., & Brown, T. L. (2020). Matters of State: Examining the effectiveness of lane departure warnings as a function of driver distraction. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 71, 1-7.
- Gouribhatla, R., & Pulugurtha, S. S. (2022). A Comparison of the Effects of Automated and Warning Systems on Driver Behavior. In *International Conference on Transportation and Development 2022* (pp. 1-11).
- Grove, K., Soccolich, S. A., & Hanowski, R. J. (2019). Driver visual behavior while using adaptive cruise control on commercial motor vehicles. Virginia Tech Transportation Institute.
- Hadi, M., & Sinha, P. (2011). Effect of pavement marking retroreflectivity on the performance of vision-based lane departure warning systems. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 15(1), 42-51.
- Hadi, M., Sinha, P., & Easterling IV, J. R. (2007). Effect of environmental conditions on performance of image recognition-based lane departure warning system. *Transportation research record*, 2000(1), 114-120.
- Haus, S. H., Gershon, P., Mehler, B., & Reimer, B. (2022). Speeding behavior when using automation: a descriptive analysis of naturalistic driving data. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 66, No. 1, pp. 1471-1475). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.
- Hickman, J. S., Guo, F., Camden, M. C., Hanowski, R. J., Medina, A., & Mabry, J. E. (2015). Efficacy of roll stability control and lane departure warning systems using carrier-collected data. *Journal of Safety Research*, 52, 59-63.
- HLDI (2011A). Acura collision avoidance features: initial results. Highway loss data institute: Bulletin, 28(21), 1-8.
- HLDI (2012A). Mercedes collision avoidance features: initial results. Highway loss data institute: Bulletin, 28(21), 1-8.
- HLDI (2012C). Volvo collision avoidance features: initial results. Highway loss data institute: Bulletin, 29(5), 1-10.
- HLDI (2014). Honda Accord collision avoidance features: initial results. Highway loss data institute Bulletin.
- HLDI (2019). BMW collision avoidance features: initial results. Highway loss data institute Bulletin.
- HLDI (2020). Compendium of HLDI collision avoidance research. Bulletin, 37(12).

- Hoedemaeker, M., & Brookhuis, K. A. (1998). Behavioural adaptation to driving with an adaptive cruise control (ACC). *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 1(2), 95-106.
- Høye A.K. (2015). Potensialet for forbedringer av trafikksikkerheten: Kjøretøytiltak. Arbeidsdokument fra 24.03.2015. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Høye, A.K., Hagenzieker, M., Sagberg, F., Elvik, R., & Pokkorny, P. (2022). Førerrollen i automatiserte kjøretøy: Kunnskapsstatus. TØI-Arbeidsdokument 51908-2022.
- Høye, A.K., Elvik, R., & Nævestad T.O. (2022). Trafikksikkerhet for tunge kjøretøy. TØI-Rapport 1927/2022.
- Høye, A., Hesjevoll, I.S. & Vaa, T. (2015). Førerstøttesystemer – status og potensial for framtiden. TØI-Rapport 1450/2015. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Høye, A.K. (2017). Bilalder og risiko. TØI-Rapport 1607/2017.
- Høye, A.K. (2019). Estimerte andeler av alt trafikkarbeid med tre kjøretøytiltak: AEB, fotgjengervarsling med AEB og LDW. TØI-Arbeidsdokument 29. mai 2019.
- Høye, A.K. (2020). Bistand til NTP 2022-2033: Effekter av økt utbredelse av ny kjøretøyteknologi. TØI-Arbeidsdokument 51604, 10. mars 2020.
- Høye, A.K., Hagenzieker, M., Sagberg, F., Elvik, R., & Pokorny, P. (2022). Førerrollen i automatiserte kjøretøy: Kunnskapsstatus. TØI-Arbeidsdokument 51908-2022.
- Hungund, A. P., Pai, G., & Pradhan, A. K. (2021). Systematic review of research on driver distraction in the context of advanced driver assistance systems. *Transportation research record*, 2675(9), 756-765.
- Hungund, A. P., Pai, G., & Pradhan, A. K. (2021). Systematic review of research on driver distraction in the context of advanced driver assistance systems. *Transportation research record*, 2675(9), 756-765.
- Hurwitz, D. S., Pradhan, A., Fisher, D. L., Knodler, M. A., Muttart, J. W., Menon, R., & Meissner, U. (2010). Backing collisions: a study of drivers' eye and backing behaviour using combined rear-view camera and sensor systems. *Injury Prevention*, 16(2), 79-84.
- Isaksson-Hellman, I., & Lindman, M. (2016). Using insurance claims data to evaluate the collision-avoidance and crash-mitigating effects of Collision Warning and Brake Support Combined with Adaptive Cruise Control. In 2016 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) (pp. 1173-1178). IEEE.
- Isaksson-Hellman, I., & Lindman, M. (2018). Traffic Safety Benefit of A Lane Departure Warning System. *International Journal of Automotive Engineering*, 9(4), 289-295.
- Isaksson-Hellman, I., & Lindman, M. (2019). Real-world evaluation of driver assistance systems for vulnerable road users based on insurance crash data in Sweden. In Proceedings of the 26th Enhanced Safety of Vehicles International Conference.
- Jenness, J. W., Lerner, N. D., Mazor, S. D., Osberg, J. S., & Tefft, B. C. (2007). Use of advanced in-vehicle technology by young and older early adopters. survey results on sensor-based backing aid systems and rear-view video cameras (No. DOT-HS 810 828). United States. Department of Transportation. National Highway Traffic Safety Administration.
- Jenssen, G., Roche-Cerasi, I., Moe, D., Stene, T. M., & Moen, T. (2023). Automatisering og føreropplæring. SINTEF-Rapport 2023_00163.
- Jermakian, J. S. (2012). Crash avoidance potential of four large truck technologies. *Accident Analysis & Prevention*, 49, 338-346.
- Jermakian, J. S., Bao, S., Buonarosa, M. L., Sayer, J. R., & Farmer, C. M. (2017). Effects of an integrated collision warning system on teenage driver behavior. *Journal of safety research*, 61, 65-75.
- Jermakian, J.S. (2012). Crash avoidance potential of four large truck technologies. *Analysis and Prevention*, 49, 338-346.
- Jiménez, F., Liang, Y., & Aparicio, F. (2012). Adapting ISA system warnings to enhance user acceptance. *Accident Analysis & Prevention*, 48, 37-48.

Hvordan påvirker førerstøttesystemene ulykkesrisikoen?

- Job, V., Dweck, C. S., & Walton, G. M. (2010). Ego depletion—Is it all in your head? Implicit theories about willpower affect self-regulation. *Psychological science*, 21(11), 1686-1693.
- Johnson, T., Sherony, R., & Gabler, H. C. (2016, June). Driver lane keeping behavior in normal driving using 100-car naturalistic driving study data. In 2016 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) (pp. 227-232). IEEE.
- Kaye, S. A., Nandavar, S., Yasmin, S., Lewis, I., & Oviedo-Trespalacios, O. (2022). Consumer knowledge and acceptance of advanced driver assistance systems. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 90, 300-311.
- Keall, M. D., Fildes, B., & Newstead, S. (2017). Real-world evaluation of the effectiveness of reversing camera and parking sensor technologies in preventing backover pedestrian injuries. *Accident Analysis & Prevention*, 99, 39-43.
- Kidd, D.G., & Reagan, I.J. (2018). Attributes of crash prevention systems that encourage drivers to leave them turned on. Paper presented at the International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics.
- Kiefer, R. J., & Hankey, J. M. (2008). Lane change behavior with a side blind zone alert system. *Accident Analysis & Prevention*, 40(2), 683-690.
- Koglbauer, I., Holzinger, J., Eichberger, A., & Lex, C. (2017). Drivers' interaction with adaptive cruise control on dry and snowy roads with various tire-road grip potentials. *Journal of Advanced Transportation*, 2017.
- Kozak, K., Pohl, J., Birk, W., Greenberg, J., Artz, B., Blommer, M., . . . Curry, R. (2006). Evaluation of lane departure warnings for drowsy drivers. Paper presented at the Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting.
- Kusano, K., & Gabler, H. (2012). Model of Collision Avoidance with Lane Departure Warning in Real-world Departure Collisions with Fixed Roadside Objects. 15th International IEEE Conference on Intelligent Transportations Systems, Anchorage, AK.
- LeBlanc, D., Sayer, J., Winkler, C., Ervin, R., Bogard, S., Devonshire, J., . . . Gordon, T. (2006). Road Departure Crash Warning System Field Operational Test: Methodology and Results. Report UMTRI-2006-9-1. The University of Michigan Transportation Research Institute, Ann Arbor, MI.
- Leslie, A. J. (2019). Analysis of the field effectiveness of general motors production active safety and advanced headlighting systems. University of Michigan, Ann Arbor, Transportation Research Institute.
- Leslie, A.J., Kiefer, R.J., Meitzner, M.R. & Flannagan, C.A. (2019). Analysis of field effectiveness of Ggeneral Motors production active safety and advanced headlighting systems. Report UMTRI-2019-6. Ann Arbor, University of Michigan Transportation Research Institute.
- Leslie, A.J., Kiefer, R.J., Meitzner, M.R., Flannagan, C.A. (2021). Field effectiveness of General Motors advanced driver assistance and headlighting systems. *Accident Analysis and Prevention* 159, 106275.
- Leslie, A.J., Kiefer, R.J., Meitzner, M.R., Flannagan, C.A. (2021). Field effectiveness of General Motors advanced driver assistance and headlighting systems. *Accident Analysis and Prevention* 159, 106275.
- Leslie, A.J., Kiefer, R.J., Meitzner, M.R., Flannagan, C.A. (2021). Field effectiveness of General Motors advanced driver assistance and headlighting systems. *Accident Analysis and Prevention* 159, 106275.
- Lin, R., Ma, L., & Zhang, W. (2018). An interview study exploring Tesla drivers' behavioural adaptation. *Applied ergonomics*, 72, 37-47.
- Lundkvist, S. O., & Fors, C. (2010). Lane Departure Warning System-LDW: samband mellan LDW: s och vägmärkingars funktion. Statens väg-och transportforskningsinstitut.
- Mahr, A., Cao, Y., Theune, M., Dimitrova-Krause, V., Schwartz, T., & Müller, C. (2010). What if it suddenly fails? Behavioral aspects of advanced driver assistant systems on the example of local danger alerts. Proceedings of 19th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI 2010) – Frontiers in Artificial Intelligence and Applications (pp. 1051–1052). Lissabon.
- Malta, L., Aust, M. L., Faber, F., Metz, B., Pierre, G. S., Benmimoun, M., & Schäfer, R. (2012). Final results: Impacts on traffic safety. EuroFOT Deliverable D6.4.

- Marsden, G., McDonald, M., & Brackstone, M. (2001). Towards an understanding of adaptive cruise control. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 9(1), 33-51.
- Matsuo, K., Sugihara, M., Yamazaki, M., Mimura, Y., Yang, J., Kanno, K., & Sugiki, N. (2020). Hierarchical Bayesian modeling to evaluate the impacts of intelligent speed adaptation considering individuals' usual speeding tendencies: A correlated random parameters approach. *Analytic methods in accident research*, 27, 100125.
- Melman, T., de Winter, J. C., & Abbink, D. A. (2017). Does haptic steering guidance instigate speeding? A driving simulator study into causes and remedies. *Accident Analysis & Prevention*, 98, 372-387.
- Merat, N., & Jamson, A. H. (2009). How Do Drivers Behave in a Highly Automated Car? *Proceedings of the Fifth International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training, and Vehicle Design*, University of Iowa, Iowa City, IA.
- Merritt, S. M., Ako-Brew, A., Bryant, W. J., Staley, A., McKenna, M., Leone, A., & Shirase, L. (2019). Automation-Induced Complacency Potential: Development and Validation of a New Scale. *Frontiers in Psychology*, 10(225).
- Metz, B., Wörle, J., Hanig, M., Schmitt, M., Lutz, A., & Neukum, A. (2021). Repeated usage of a motorway automated driving function: Automation level and behavioural adaption. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 81, 82-100.
- Milch et al. (2023) Avanserte førerstøttesystemer og integrerte skjermer - hvordan påvirker de førerferd? TØI-Rapport.
- Mimura, Y., Obayashi, F., Ono, T., Nakatani, S., Ando, R., Kozuka, K., & Ozawa, S. (2017). Effects of Intelligent Speed Adaptation on Elderly Drivers' Driving Behaviors and Mental Workloads. *International journal of intelligent transportation systems research*, 15, 63-72.
- Monfort, S. S., Reagan, I. J., Cicchino, J. B., Hu, W., Gershon, P., Mehler, B., & Reimer, B. (2022). Speeding behavior while using adaptive cruise control and lane centering in free flow traffic. *Traffic injury prevention*, 23(2), 85-90.
- Morando, A., Gershon, P., Mehler, B., & Reimer, B. (2021). A model of naturalistic glance behavior around Tesla Autopilot disengagement. *Accident Analysis and Prevention*, 161, 1-19.
- Muhrer, E., Reinprecht, K. & Vollrath, M. (2012). Driving With a Partially Autonomous Forward Collision Warning System: How Do Drivers React? *Human Factors*, 54(5), 698-708.
- 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.
- Navarro, J., Deniel, J., Yousfi, E., Jallais, C., Bueno, M., & Fort, A. (2017). Influence of lane departure warnings onset and reliability on car drivers' behaviors. *Applied ergonomics*, 59, 123-131.
- Navarro, J., Mars, F., Forzy, J. F., El-Jaafari, M., & Hoc, J. M. (2010). Objective and subjective evaluation of motor priming and warning systems applied to lateral control assistance. *Accident Analysis & Prevention*, 42(3), 904-912.
- Navarro, J., Mars, F., Forzy, J.-F., El-Jaafari, M., & Hoc, J.-M. (2010). Objective and subjective evaluation of motor priming and warning systems applied to lateral control assistance. *Accident Analysis & Prevention*, 42(3), 904-912.
- Navarro, J., Yousfi, E., Deniel, J., Jallais, C., Bueno, M., & Fort, A. (2016). The impact of false warnings on partial and full lane departure warnings effectiveness and acceptance in car driving. *Ergonomics*, 59:12, 1553-1564.
- Newstead, S., Budd, L. & Stephens, A. (2020). The Potential Benefits of Autonomous Emergency Braking Systems in Australia (MUARC Report Series; Vol. 339). Monash University Accident Research Centre: 95. https://www.monash.edu/_data/assets/pdf_file/0003/2093511/The-Potential-Benefits-of-Autonomous-Emergency-Braking-Systems-in-Australia-Report-339.pdf
- NHTSA (2014). NHTSA 2014 Heavy-Vehicle LDW Test Development. Report DOT HS 812 078. National Highway Traffic Safety Administration.

Hvordan påvirker førerstøttesystemene ulykkesrisikoen?

- Nilsson, J., Strand, N., Falcone, P., & Vinter, J. (2013). Driver performance in the presence of adaptive cruise control related failures: Implications for safety analysis and fault tolerance. In Proceedings of the 2013 IEEE/IFIP 43rd international conference on dependable systems and networks workshops (DSN-W9).
- Nodine, E. E., Fisher, D. L., Golembiewski, G., Armstrong, C., Lam, A. H., Jeffers, M. A., ... & Kehoe, N. (2019). Indicators of driver adaptation to forward collision warnings: A naturalistic driving evaluation (No. DOT HS 812 611). United States. Department of Transportation. National Highway Traffic Safety Administration.
- Nodine, E., Lam, A., Najm, W., Wilson, B., & Brewer, J. (2011A). Integrated Vehicle-Based Safety Systems Heavy-Truck Field Operational Test Independent Evaluation. Report DOT-VNTSC-NHTSA-11-01. U.S. DoT Research and Innovative Technology Administration, John A. Volpe National Transportation Systems Center, Cambridge, MA.
- Nordhoff, S., Lee, J. D., Calvert, S., Berge, S. H., Hagenzieker, M., & Happee, R. (2022). Testing unfinished automated driving technology on public roads: Results from interviews with participants of Tesla's Full-Self Driving (FSD) Beta. Manuscript submitted for publication.
- Norman, D., A. (2013) The psychology of everyday things. The MIT Press.
- Parry, I. (2017). GATEway: Outcomes from real world testing automated vehicles. Autonomous Vehicle Test & Development Symposium 2017, Stuttgart, Germany.
- Pashler, H. (1994). Dual-task interference in simple tasks: data and theory. *Psychological bulletin*, 116(2), 220-224.
- Penttinen, M., & Luoma, J. (2020). Acceptance and use of ADAS. In Proceedings of TRA2020, the 8th Transport Research Arena: Rethinking transport – towards clean and inclusive mobility (pp. 67). Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. Traficom Research Reports No. 7/2020
- Petersen, E., Scholze, C. & Falke, C. (2020). Notbrems-Assistenzsysteme im LKW – eine Analyse niedersächsischer Autobahnunfälle in den Jahren 2015 bis 2019 unter der Einfluss aktueller Systeme. *Zeitschrift Für Verkehrssicherheit*, 66(4), 245-256. ,
- Raju, N., Schakel, W., Reddy, N., Dong, Y., & Farah, H. (2022). Car-following properties of a commercial adaptive cruise control system: a pilot field test. *Transportation research record*, 2676(7), 128-143.
- Re, F., Kriston, A., Broggi, D., & Minarini, F. (2021). Testing the robustness of commercial lane departure warning systems. *Transportation research record*, 2675(12), 385-400.
- Reagan, I. J., & Bliss, J. P. (2013). Perceived mental workload, trust, and acceptance resulting from exposure to advisory and incentive based intelligent speed adaptation systems. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 21, 14-29.
- Reagan, I. J., & McCartt, A. T. (2016). Observed activation status of lane departure warning and forward collision warning of Honda vehicles at dealership service centers. *Traffic injury prevention*, 17(8), 827-832.
- Reagan, I. J., Cicchino, J. B., Kerfoot, L. B., & Weast, R. A. (2018). Crash avoidance and driver assistance technologies—Are they used?. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 52, 176-190.
- Reagan, I. J., Cicchino, J. B., Kerfoot, L. B., & Weast, R. A. (2018). Crash avoidance and driver assistance technologies – Are they used? *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 52, 176-190.
- Reagan, I. J., Cicchino, J. B., Teoh, E. R., Reimer, B., Mehler, B., & Gershon, P. (2022). Behavior change over time when driving with adaptive cruise control. In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting (Vol. 66, No. 1, pp. 352-356). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.
- Reagan, I. J., Teoh, E. R., Cicchino, J. B., Gershon, P., Reimer, B., Mehler, B., & Seppelt, B. (2021). Disengagement from driving when using automation during a 4-week field trial. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 82, 400-411.
- Reagan, I.J. & McCartt, A.T. (2016). Observed activation status of lane departure warning and forward collision warning of Honda vehicles at dealership service centers. *Traffic Injury Prevention*, 17(8), 827-832.

- Regan, M. A., Triggs, T. J. & Young, K. L. (2006). On-road evaluation of intelligent speed adaptation, following distance warning and seat-belt reminder systems. Final results of the TAC SafeCar project. report No. 253. MUARC.
- Reinmueller, K., Kiesel, A., & Steinhauser, M. (2020). Adverse behavioral adaptation to adaptive forward collision warning systems: An investigation of primary and secondary task performance. *Accident analysis & prevention*, 146, 105718.
- Riexinger, L. E., Sherony, R., & Gabler, H. C. (2019). Residual road departure crashes after full deployment of LDW and LDP systems. *Traffic Injury Prevention*, 20(1), 177-181.
- Rimini-Doering, M., Altmueller, T., Ladstaetter, U., & Rossmeier, M. (2005). Effects of lane departure warning on drowsy drivers' performance and state in a simulator. Paper presented at the Proceedings of the third international driving symposium on human factors in driver assessment, training, and vehicle design.
- Ringen, S. (2022). Dybdeanalyser av dødsulykker i vegtrafikken 2021. Statens vegvesen, rapport 847.
- Rizzi, M., Kullgren, A., & Tingvall, C. (2014). The injury crash reduction of low-speed Autonomous Emergency Braking (AEB) on passenger cars. Proceedings of IRCOBI Conference on Biomechanics of Impacts. Paper no. IRC-14-73.
- Romano, R., Maggi, D., Hirose, T., Broadhead, Z., & Carsten, O. (2020). Impact of lane keeping assist system camera misalignment on driver behavior. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 25(2), 157-169.
- Rudin-Brown, C. M. & Parker, H. A. (2004). Behavioural adaptation to adaptive cruise control (ACC): Implications for preventive strategies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 7, 59-76.
- Ryan, M. (2019). Intelligent speed assistance technologies: A review. Proceedings of the ITRN2019.
- Sayer, J. R., Bogard, S. E., Funkhouser, D., LeBlanc, D. J., Bao, S., Blankespoor, A. D., . . . Winkler, C. B. (2010). Integrated Vehicle-Based Safety Systems Heavy-Truck Field Operational Test Key Findings Report. Report UMTRI-2010-18. The University of Michigan Transportation Research Institute, Ann Arbor, Michigan.
- Sayer, J., LeBlanc, D., Bogard, S., Funkhouser, D., Bao, S., Buonarosa, M. L. & Blankespoor, A. (2011). Integrated vehicle-based safety systems, field operational test final program report. Report DOT HS 811 482. The University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI). Ann Arbor, Michigan.
- Sayer, J., LeBlanc, D., Bogard, S., Funkhouser, D., Bao, S., Buonarosa, M. L., & Blankespoor, A. (2011). Integrated Vehicle-Based Safety Systems, Field Operational Test Final Program Report. Report DOT HS 811 482. The University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI). Ann Arbor, Michigan.
- Scanlon, J. M., Kusano, K. D., & Gabler, H. C. (2016). Lane departure warning and prevention systems in the US vehicle fleet: Influence of roadway characteristics on potential safety benefits. *Transportation Research Record*, 2559(1), 17-23.
- Scanlon, J.M., Kusano, K.D., & Gabler, H.C. (2016). Lane Departure Warning and Prevention Systems in the U.S. Vehicle Fleet: Influence of Roadway Characteristics on Potential Safety Benefits. *Transportation Research Record*, 2559(1), 17-23.
- Schakel, W. J., Gorter, C. M., De Winter, J. C., & Van Arem, B. (2017). Driving characteristics and adaptive cruise control? A naturalistic driving study. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 9(2), 17-24.
- Schittenhelm, H. (2013). Advanced brake assist—real world effectiveness of current implementations and next generation enlargements by Mercedes-Benz. Paper Number 13-0194. Proceedings of the 23rd International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV).
- Shen, S., & Neyens, D. M. (2014). Assessing drivers' performance when automated driver support systems fail with different levels of automation. In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting (Vol. 58, No. 1, pp. 2068-2072). Sage CA: Los Angeles, CA: Sage Publications.
- Smiley, A., & Rudin-Brown, C. (2020). Drivers adapt—Be prepared for It!. *Accident Analysis & Prevention*, 135, 105370.
- Smyth, J., Chen, H., Donzella, V., & Woodman, R. (2021). Public acceptance of driver state monitoring for automated vehicles: Applying the UTAUT framework. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 83, 179-191.

Hvordan påvirker førerstøttesystemene ulykkesrisikoen?

- Souders, D. J., Best, R., & Charness, N. (2017). Valuation of active blind spot detection systems by younger and older adults. *Accident Analysis & Prevention*, 106, 505-514.
- Souders, D. J., Charness, N., Roque, N. A., & Pham, H. (2020). Aging: Older adults' driving behavior using longitudinal and lateral warning systems. *Human factors*, 62(2), 229-248.
- Spicer, R., Vahabaghaie, A., Murakhovsky, D., Bahouth, G., Drayer, B., Lawrence, S.S. (2021A). Effectiveness of advanced driver assistance systems in preventing system relevant crashes. *SAE International Journal of Advances and Current Practices in Mobility* 3 (4), 1697–1701.
- Spicer, R., Vahabaghaie, A., Murakhovsky, D., Bahouth, G., Drayer, B., Lawrence, S.S. (2021). Effectiveness of advanced driver assistance systems in preventing system relevant crashes. *SAE International Journal of Advances and Current Practices in Mobility* 3 (4), 1697–1701.
- Spicer, R., Vahabaghaie, A., Murakhovsky, D., Bahouth, G., Drayer, B., Lawrence, S.S. (2021A). Effectiveness of advanced driver assistance systems in preventing system relevant crashes. *SAE International Journal of Advances and Current Practices in Mobility* 3 (4), 1697–1701.
- Sternlund, S (2017). The safety potential of lane departure warning systems—A descriptive real-world study of fatal lane departure passenger car crashes in Sweden. *Traffic Injury Prevention*, 18(1), 18-23.
- Sternlund, S. (2017). The safety potential of lane departure warning systems—A descriptive real-world study of fatal lane departure passenger car crashes in Sweden. *Traffic injury prevention*, 18(sup1), S18-S23.
- Sternlund, S. (2021). The safety potential of enhanced lateral vehicle positioning. *Traffic injury prevention*, 22(2), 139-146.
- Sternlund, S., Strandroth, J., Rizzi, M., Lie, A., & Tingvall, C. (2017). The effectiveness of lane departure warning systems—A reduction in real-world passenger car injury crashes. *Traffic Injury Prevention*, 18(2), 225-229.
- Storsæter, A. D., Pitera, K., & McCormack, E. (2021). Using ADAS to future-proof roads—Comparison of fog line detection from an in-vehicle camera and mobile retroreflectometer. *Sensors*, 21(5), 1737.
- Straßgütl, L. & Sander, D. (2021). Einfluss von Notbremssystemen auf die Entwicklung von Lkw-Auffahrunfällen auf Bundesautobahnen. *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Fahrzeugtechnik Heft F 139*.
- Tanaka, S., Mochida, T., Aga, M., & Tajima, J. (2012). Benefit Estimation of a Lane Departure Warning System using ASSTREET: SAE Technical Paper.
- Teo, T. Y., Sutopo, R., Lim, J. M. Y., & Wong, K. (2021). Innovative lane detection method to increase the accuracy of lane departure warning system. *Multimedia Tools and Applications*, 80, 2063-2080.
- Teo, T. Y., Sutopo, R., Lim, J. M. Y., & Wong, K. (2021). Innovative lane detection method to increase the accuracy of lane departure warning system. *Multimedia Tools and Applications*, 80, 2063-2080.
- Teoh, E. R. (2021). Effectiveness of front crash prevention systems in reducing large truck real-world crash rates. *Traffic injury prevention*, 22(4), 284-289.
- 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.
- Vaa, T., Høy, A., Karlsen, K., Orfanou, F., Vlahogianni, E., Al Haddad, C., & Antoniou, C. (2021). AV drivers' behavioral models. Deliverable 2.8 of EU-project Drive2TheFuture (Needs, wants and behavior of "Drivers" and automated vehicles users today and into the future; Contract No: 815001).
- Vadeby, A., Wiklund, M., & Forward, S. (2011). Car drivers' perceptions of electronic stability control (ESC) systems. *Accident Analysis & Prevention*, 43(3), 706-713.
- Varotto, S. F., Farah, H., Toledo, T., van Arem, B., & Hoogendoorn, S. P. (2018). Modelling decisions of control transitions and target speed regulations in full-range Adaptive Cruise Control based on Risk Allostasis Theory. *Transportation Research Part B: Methodological*, 117, 318-341.
- Varotto, S. F., Mons, C., Hogema, J. H., Christoph, M., van Nes, N., & Martens, M. H. (2022). Do adaptive cruise control and lane keeping systems make the longitudinal vehicle control safer? Insights into speeding and time gaps shorter than one second from a naturalistic driving study with SAE Level 2 automation. *Transportation research part C: emerging technologies*, 141, 103756.

- Vollrath, M., Schleicher, S., & Gelau, C. (2011). The influence of Cruise Control and Adaptive Cruise Control on driving behaviour – A driving simulator study. *Accident Analysis & Prevention*, 43(3), 1134-1139.
- Wakeman, K., Moore, M., Zubay, D., & Hellinga, L. (2019). Effect of Subaru eyesight on pedestrian-related bodily injury liability claim frequencies. In *Proceedings of the 26th Enhanced Safety of Vehicles International Conference*.
- Wilmink, I., Janssen, W. & Jonkers, E. (2008). Impact assessment of intelligent vehicle safety systems. eIMPACT Deliverable D4, Socio-economic Impact Assessment of Stand-alone and Co-operative Intelligent Vehicle Safety Systems (IVSS) in Europe (eIMPACT).
- Wilmink, I., Janssen, W., & Jonkers, E. (2008). Impact assessment of Intelligent Vehicle Safety Systems. eIMPACT Deliverable D4, Socio-economic Impact Assessment of Stand-alone and Co-operative Intelligent Vehicle Safety Systems (IVSS) in Europe (eIMPACT).
- Wilschut, E., Meijering, V., Merkus, B., IJsselsteijn, W., & Ham, J. (2012). Blind spot Detection and Warning Systems (BDWS): concepts of warning. Soesterberg: TNO.
- Wilson, K. M., Yang, S., Roady, T., Kuo, J., & Lenné, M. G. (2020). Driver trust & mode confusion in an on-road study of level-2 automated vehicle technology. *Safety Science*, 130, 104845.
- Wisch, M., Lerner, M., Kovaceva, J., Bálint, A., Gohl, I., Schneider, A., ... & Lindman, M. (2017). Car-to-cyclist crashes in Europe and derivation of use cases as basis for test scenarios of next generation advanced driver assistance systems—results from PROSPECT. In *Proceedings of the Enhanced Safety of Vehicles Conference, Detroit, MI, USA* (pp. 5-8).
- 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.
- Wu, C., Cao, J., & Du, Y. (2023). Impacts of advanced driver assistance systems on commercial truck driver behaviour performance using naturalistic data. *IET Intelligent Transport Systems*, 17(1), 119-128.
- Xenophon (2013). *Oeconomicus* (Marchant, E., C & Todd, O., J., Trans.). Harvard University Press. (Originalt arbeid publisert 354 fvt.)
- Young, M. S., & Stanton, N. A. (2007). Back to the future: brake reaction times for manual and automated vehicles. *Ergonomics*, 50(1), 46-58.
- Zhu, M., Wang, X., & Hu, J. (2020). Impact on car following behavior of a forward collision warning system with headway monitoring. *Transportation research part C: emerging technologies*, 111, 226-244.

Vedlegg

Vedlegg 1. Forkortelser

ACC	Adaptive Cruise Control
AEB	Automatic Emergency Brake (automatisk nødbrems)
AES	Automatic Emergency Steering
D/HS	Drepte / hardt skadde
EBA	Emergency Brake Assist (nødbremseassistent)
ELK	Emergency Lane Keeping (kjørefeltholder)
ESC	Electronic Stability Control (elektronisk stabilitetskontroll)
FOT	Field Operational Test (naturalistisk kjøring, kjøring i vanlig trafikk på vanlige reiser med instrumentert bil)
iACC	Intelligent Adaptive Cruise Control
ISA	Intelligent Speed Adaptation (intelligent fartstipasning)
LDW	Lande Departure Warning (feltskiftevarsler)
LKA	Lane Keep Assist (kjørefeltassistent)

Vedlegg 2. Påbudte førerstøttesystemer

«Key points» fra «Type-approval requirements to ensure the general safety of vehicles and the protection of vulnerable road users»³⁷:

This new general safety regulation updates EU vehicle safety requirements, including those that address the specific concerns of **vulnerable road users**, such as pedestrians and cyclists.

Advanced vehicle systems

All new vehicles must be equipped with the following safety features:

- intelligent speed assistance;
- an interface to enable the fitting of an alcohol interlock (breathalyser);
- driver drowsiness and attention warning systems;
- advanced driver distraction warning systems;
- emergency stop signals;
- reversing detection systems;
- event data recorders;
- accurate tyre pressure monitoring.

Cars and vans must be equipped with further advanced safety measures including:

- advanced emergency braking systems capable of detecting motor vehicles and vulnerable road users in front of them;
- emergency lane-keeping systems;
- enlarged **head-impact protection zones** capable of mitigating injuries in collisions with vulnerable road users.

Buses and lorries, in addition to meeting the general requirements and being equipped with existing systems (such as lane departure warning and advanced emergency braking systems), must also:

- be equipped with advanced systems capable of detecting pedestrians and cyclists close to the nearside of the vehicle, warning drivers of their presence and avoiding collisions with these vulnerable road users;
- be constructed in such a way that will help to reduce **blind spots** in front of and to the side of the driver.

.....

FROM WHEN DOES THE REGULATION APPLY?

It applies from 6 July 2022.

³⁷ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/LSU/?uri=CELEX:32019R2144> (besøkt 31. okt. 2023)

Vedlegg 3. Eksempler på utvalgte førerstøttesystemer

Generelt om kilder og forbehold: Se avsnitt 2.2 i rapporten.

ACC, kollisjonsvarsling (FCW) og automatisk nødbrems (AEB)

Eksempler: FCW og AEB

Mercedes-Bens: Kjøassistant (ACC)

Kilde: Mercedes³⁸

Kan regulere fart og sideplassering med nedbremsing og gjenoppstart (innen 60 sekunder etter stopp, dvs. hvis føreren begynner å gjøre noe annet når det er lengre stand, er det til ingen nytte)

Mercedes Benz: Distronic



Kilder: Mercedes³⁹, Süverkrüp⁴⁰

Fart: 20-200 km/t

Innstillingsmuligheter: Kjørestil (dynamisk, komfortabel, sparsomt)

Begrensninger, bl.a.:

- Bremses kun med 50% av maks. mulig bremseseffekt; varsler føreren hvis dette ikke er nok
- Begrenset hvilke situasjoner som krever nedbremsing som kan oppdages
- Oppdager stillestående kjøretøy, men ikke motorsykler og sykler

Ved stans: Kan starte opp igjen de første 30 sek. etter stand (f.eks. i kø)

Kombinasjoner: Kommer som regel sammen med bl.a. LDW, ISA, skiltgjenkjenning, ...

https://www.youtube.com/watch?v=z436azco_iM

Nissan Pathfinder: Automatic Emergency Brake (AEB)



Kilde: Nissan Owner Channel⁴¹

Systemet omfatter også **fotgjenger-AEB**.

Systemet er alltid slått på når bilen startes, men kan slås av.

Radar brukes for å måle avstand til forankjørende (bil)

Fart: AEB fungerer fra ca. 5 km/t

Varsler/bremsing, trinnvis:

- Varsling med lyd og blinkende symbol (lite gult symbol på svart grunn) på display bak ratt, og lett nedbremsing
- Hvis føreren ikke reagerer: Større blinkende symbol (hvit på stor rød-hvis blinkende stripe over speedometer), mer lyd og mer bremsing
- Hard nedbremsing.

Tesla: Collision Avoidance Assist (FCW)



Kilde: Tesla⁴²

“Ser” opptil 160 meter foran bilen

Varsling:

- Visuelle og akustiske varsler; ingen tilpasning av fart
- Hvis fører ikke reagerer og det er rett før kollisjon, aktiveres AEB

Innstillingsmuligheter:

- Early, Medium, Late, Off
- Ved oppstart starter systemet alltid i «Medium» når førere hadde skrudd det av på siste tur

³⁸ <https://www.mercedes-benz.de/passengercars/models/saloon/e-class/overview.html#features>


³⁹ <https://www.mercedes-benz.lu/de/passengercars/services/manuals.html/s-klasse-limousine-2021-08-w223-mbox/aktiver-abstands-assistent-distronic/funktion-des-aktiven-geschwindigkeitslimit-assistenten>

⁴⁰ https://www.youtube.com/watch?v=z436azco_iM

⁴¹ <https://www.youtube.com/watch?v=qkKT24WxZbs>

⁴² https://www.tesla.com/ownersmanual/model3/en_jo/GUID-ADA05DFF-963D-477D-9A51-FA8C8F6429F1.html

Eksempler: FCW og AEB

Tesla: Traffic-Aware Cruise Control (ACC)	Kan holde farten etter førerens innstilling, samtidig som det holder en minste avstand til forankjørende, etter førerens innstillinger
Kilde: Tesla ⁴³	Kun egnet på rette tørre veger.
Toyota: Pre-collision system,	Systemet kan oppdage: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Forankjørende biler ▪ Møtende biler i motgående kjørefelt under venstresving, delvis også kryssende trafikk ▪ Fotgjengere, syklistere og («in certain situations») motorsykler
	Varsling/nedbremsing (trinnsvis):
Kilde : Toyota USA ⁴⁴	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Varsling med blinkende rødt symbol og lyd ▪ AEB.
Volkswagen: Front Assist (AEB)	Radarbasert Trinnsvis aktivering når systemet oppdager korte tidsluker (avstander til forankjørende)
Kilde: VW-forhandler ⁴⁵	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Varsler føreren (visuell varsling og lyd) og forbereder nedbremsing ▪ Bremses enten litt eller helt ned ▪ Kan også oppdage stillestående biler/objekter ved kjøring i lav fart («City-nødbrems»)
Volkswagen: Adaptive cruise control (ACC)	Kamera for å registrere kjørefeltoppmerking og radar for å registrere avstand til forankjørende
Kilde: VW-forhandler ⁴⁶	Fart: 0-210 km/t Kan være koblet til køassistent, ISA, LDW.

Varsling for myke trafikanter

Eksempler: Varsling for myke trafikanter

Mercedes Benz: “Ausweich-Lenk-Assistent“ (Fotgjenger-AES)	For å unngå påkjørsel av en fotgjenger kan systemet hjelpe føreren med å styre unna når føreren begynner å styre, og hjelper med å styre bilen tilbake. Beskrivelsen tyder ikke på at systemet setter i gang verken nedbremsing eller unnastyring på egen hånd
Kilde: Mercedes Benz ⁴⁷	

⁴³ https://www.tesla.com/ownersmanual/2012_2020_models/en_us/GUID-50331432-B914-400D-B93D-556EAD66FD0B.html

⁴⁴ https://www.youtube.com/watch?v=iZ9H_11I-8Y

⁴⁵ <https://www.rosier.de/volkswagen-assistenzsysteme/>

⁴⁶ <https://www.rosier.de/volkswagen-assistenzsysteme/>

⁴⁷ <https://www.mercedes-benz.at/passengercars/services/manuals.html/b-klasse-sports-tourer-2022-03-w247-mbux/videos/ausweich-lenk-assistent>

Eksempler: Varsling for myke trafikanter

Nissan Pathfinder: Automatic Emergency Brake with pedestrian detection (pedestrian- AEB)



Kilde: Nissan Owner Channel (se Nissan-AEB)

Systemet er en del av AEB, dvs. automatisk nødbrems med fotgjenger-deteksjon (Se eksempel for ACC-FCW-AEB i vedlegg 3).

Kamera: Fotgjengere oppdages med hjelp av et kamera i frontruta brukes for å oppdage fotgjengere

Fart: AEB fungerer fra ca. 5 km/t, fotgjengerdeteksjon fungerer i 10-60 km/t

Systemet er alltid slått på når bilen startes, men kan slås av

Varsling/bremsing, trinnvis:

- Varsling med lyd og blinkende symbol (lite gult symbol på svart grunn) på display bak ratt, og lett nedbremsing
- Hvis føreren ikke reagerer: Større blinkende symbol (hvit på stor rød-hvis blinkende stripe over speedometer), mer lyd og mer bremsing
- Hard nedbremsing.

Toyota: Pre-collision system (AEB)



Kilde : Toyota USA (se eksempel AEB-Toyota)

Systemet er en del av AEB (se eksempel under AEB) kan oppdage:

- Forankjørende biler
- Møtende biler i motgående kjørefelt under venstresving, delvis også kryssende trafikk
- Fotgjengere, syklist og («in certain situations») motorsykler

Varsling/nedbremsing (trinnvis):

- Varsling med blinkende rødt symbol og lyd
- AEB

Volvo: Pedestrian autobrake

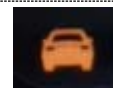
Kilde: IIHS⁴⁸ (2019);
Volvo: kun funnet eldre kilder på Google/YouTube

Systemet benytter **kamera- og radarteknologi**

Kan oppdage både **fotgjengere og syklist**

Varsling/bremsing:

- Blinkende symbol og pipelyd
- Bremses ned til stillestående



Intelligent fartstilpasning (ISA)

Eksempler: FCW og AEB

BMW: Speed Assistant



Kilde: BMW⁴⁹

Fart:

- Kan stille inn på fart mellom
- Skiltgjenkjenning og kartinformasjon

Innstillingsmuligheter:

- Automatisk eller manuell innstilling av fart
- Visning av aktuell fartsgrense og fgr. lenger fram

Regulering av fart

- Koblet til ACC

⁴⁸ <https://www.youtube.com/watch?v=BMQom5Naaag>

⁴⁹ <https://www.bmwofminnetonka.com/bmw-adapt-to-speed-limit-automatically/>

Eksempler: FCW og AEB

Mercedes Benz: Adaptive speed assistant



Kilder: Mercedes⁵⁰,
Süverkrüp⁵¹,
meinanders.de⁵²

«Aktiver Geschwindigkeitslimit-Assistent»

Fartsgrenser:

- Fra 20 km/t
- Skiltgjenkjenning og gps

Innstillingsmuligheter: Som ACC (Distronic)

Regulering av fart:

- Koblet til ACC, ACC kan stilles inn slik at det alltid bruker den aktuelle fartsgrensen, bilen vil da bremse når fgr. settes ned og akselerere når den settes opp
- Farten kan overstyres av føreren, systemet protesterer ikke når føreren kjører over fgr.
- Kan ta hensyn til kurver, rundkjøringer, plankryss, svingebevegelser (basert på kartdata)
- Kan med tilleggsfunksjon også ta hensyn til kø
- Slår seg av når fører bruker blinklys, bremses eller akselererer
- Kan ikke ta hensyn til bl.a. vikepliktsregler, føreforhold, innsnevring, ulike fartsgrenser per kjørefelt

Varsling: Ingen varsling når føreren kjører over fartsgrensen

Tesla: Speed assist



Kilde: Tesla 3 Owners
Manual⁵³

Kan være koblet til Traffic-Aware Cruise Control (se eksempel under ACC/FCW)

Fart:

- Kan stille inn på fart mellom 30 og 240 km/t
- Fartsgrenser basert på kartinformasjon og skiltgjenkjenning

Innstillingsmuligheter:

- Type varsling for kjøring over fgr.: Fartsgrensskilt på display blir større når man kjører over fgr.; varsling med lyd
- Varsling ved kjøring over annen fart enn fgr. (30/240 km/t)
- Varsling ved kjøring av X km/t over eller under fgr.
- Absolutt øvre grense (opptil 240 km/t)

Regulering av fart

- Varsling ved kjøring over fgr. i 10 sekunder (eller til fører har redusert farten)
- Tar ikke hensyn til bl.a. føreforhold
- Ser ikke alle trafikkskilt, f.eks. digitale og midlertidige fartsgrenser blir ikke alltid gjenkjent
- Ingen varsling når ingen fartsgrense

⁵⁰ <https://www.mercedes-benz.lu/de/passengercars/services/manuals.html/s-klasse-limousine-2021-08-w223-mbux/aktiver-abstands-assistent-distronic/funktion-des-aktiven-geschwindigkeitslimit-assistenten>

⁵¹ https://www.youtube.com/watch?v=z436azco_iM

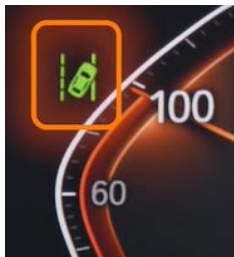
⁵² <https://www.meinanders.tv/blogs/mediathek/aktiver-geschwindigkeitslimit-assistent>

⁵³ https://www.tesla.com/ownersmanual/model3/en_jo/GUID-5D3D4014-4E98-45D7-8BBC-F76BCA9CEC05.html

Feltskiftevarsler mw. (LDW, LKA, ELK)

Eksempler: LDW mv.

BMW (LKA): Lane Departure Warning



Kilde: BMW^{54, 55, 56};
Mediaomtale⁵⁷

Fart: Fra 70 km/t

Oppmerking: Kamerabasert, krever vegoppmerking

- Forutsetter god nok vegoppmerking
- Fungerer også på veger uten midtlinje; ny versjon (2021) deaktiverer styringshjelpen på smale veger uten midtlinje for å redusere risiko for møteulykker

Varsling og styring:

- Først vibrasjon i rattet
- Så styrer systemet bilen tilbake i kjørefeltet, samt justerer slik at bilen kjører rett fram i midten av kjørefeltet

Innstillingsmuligheter:

- Early, Medium, Reduced, Off
- Styringshjelp kan slås av

Ford (LKA): Fahrspurassistent



Kilde: Ford⁵⁸.

ACC: System kan kun aktiveres når ACC er aktiv

Vegoppmerking: Kun aktiv når vegoppmerking er oppdaget (deaktiveres når føreren bruker blinklys)

Styring: Holder bilen aktivt i kjørefeltet (hands-on: mangler informasjon)

Mazda⁵⁹

LDW kan fungere dårlig i (skal ikke brukes på veger med) krappe kurver

⁵⁴ <https://www.bmwblog.com/2021/05/27/bmw-lane-departure-warning-system-to-get-an-update-this-summer/>

⁵⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=YF8PHKtv56g>

⁵⁶ <https://www.bmwblog.com/2021/05/27/bmw-lane-departure-warning-system-to-get-an-update-this-summer/>

⁵⁷ <https://www.carscoops.com/2021/12/bmws-wont-steer-you-toward-oncoming-traffic-on-narrow-roads-following-over-the-air-update/>

⁵⁸ https://www.youtube.com/watch?v=x_v4DjOld0

⁵⁹ https://owners-manual.mazda.com/gen/en/mazda3/mazda3_8fj4ee16e/contents/05281400.html (udatert)

Eksempler: LDW mv.

Mercedes Benz (LDW/LKA): Lane keeping Assist («Aktiver Spurhalte-assistent») / Steering assist



Kilder: Privat video^{60, 61}; Mercedes-Benz⁶²;

Fart: 60-200 km/t

Varsling og styring:

- Vibrasjon på ratt
- Kan få bilen tilbake i kjørefeltet ved hjelp av nedbremsing av hjul på motsatt side
- «Steering assist» kan i tillegg styre bilen slik at det holdes i midten av kjørefeltet

Oppmerking: Fungerer med heltrukken og stiplet linje med ulike funksjoner:

- Stiplet linje: Vibrasjon i rattet; styrer ikke aktivt tilbake med mindre det er møtende trafikk
- Heltrukken linje: Styrer aktivt tilbake i kjørefeltet ved å bremse litt ned på den andre siden
- Koblet til ACC (distrionic) og kan også benytte forankjørende for å finne riktig spor

Nødstoppassistent: Har føreren hendene ikke på rattet i for lang tid, varsles føreren med melding på display og lyd; er føreren inaktiv for lenge stanser bilen ved høyre vegskulder og sender nødmelding

Kjørefeltbredde, kurver:

- LDW kan fungere dårlig på smale veier og i krappe kurver

Tilsiktet kryssing av kjørefeltlinje (både heltrukken og stiplet); tilsiktet vurderes ut fra rattbevegelse og blinklys:

- Varsler / styrer ikke ved tilsiktet kryssing, dvs. når føreren styrer for å krysse linjen
- Er det møtendetraffikk, styrer den tilbake i kjørefeltet.

Innstillingsmuligheter:

- Kan slås av gjennom meny på skjerm i bilen
- Kan slå av varsling på display, uten å slå av hele systemet
- Kan stilles inn som «Standard» eller «Sensitiv» (dette kan trolig redusere antall falske alarmer, f.eks. på smale veier)

⁶⁰ <https://www.youtube.com/watch?v=geiSDsIXB1>

⁶¹ <https://www.jdpower.com/cars/shopping-guides/what-is-mercedes-active-steering-assist>

⁶² <https://www.mercedes-benz.ch/de/passengercars/mercedes-benz-cars/models/eqc/safety/driving-assistance-gallery/lane-keeping.pi.html/mercedes-benz-cars/models/eqc/safety/driving-assistance-gallery/lane-keeping>

Eksempler: LDW mv.

Tesla (LDW/LKA): Lane Assist / Lane departure avoidance

Kilde: Tesla⁶³; The Megawatts^{64, 65} (bilde: The Verge⁶⁶)



To systemer: Lane assist og Lane departure avoidance (uklart hva forskjellen er)

Fart:

- **Lane assist:** Ca. 12-145 km/t (også under 12 km/t hvis «Auto Steer» er aktiv)
- **Lane departure avoidance:** 64-145 km/t

Vegoppmerking, kjørefeltbredde:

- Må være godt synlig
- Kan også oppdage biler og objekter (f.eks. rekkverk) ved siden av bilen
- LDW kan fungere dårlig på veldig svingete eller smale veger og i krappe kurver
- LDW (og autopilot) er i hovedsak men for å brukes på motorveger og lignende veger.

Hands-on (gjelder Lane departure avoidance): Når bilen drifter over kjørefeltlinje og hendene ikke er på rattet, varsler systemet på skjermen og oppfordrer føreren til å ta hendene tilbake på rattet; responderer ikke føreren, bremses bilen ned til 25 km/t under den aktuelle fartsgrensen (eller under farten som er stilt inn med ACC) og aktiverer varselblink.

Innstillingsmuligheter:

- Av
- Varsling: Vibrasjon i rattet når fronthjul krysser kjørefeltlinje
- Assist: «Corrective steering» når bilen drifter utenfor kjørefeltlinje; i praksis holder systemet bilen innenfor kjørefeltet, også i kurver, men kun så lenge føreren har hendene på rattet

Tesla (LKA): Autosteer

Kilde: Tesla Model 3 Owner's Manual⁶⁷

Autosteer er en de av Teslas «autopilot»; er det aktiv, er alltid også Traffic-Aware Cruise Control aktiv

Vegoppmerking: Beskrivelsen tyder på at Autosteer kan oppdage vegkanten, men at man likevel ikke kan forvente at systemet virker som tilsiktet når vegoppmerking mangler eller ikke kan oppdages.

Tesla om Autosteer:

- ... detects **lane markings, road edges**, and the presence of **vehicles and objects** to intelligently keep Model 3 in its driving lane
- ... is intended for use on controlled-access highways ... Do not use Autosteer in construction zones, or in areas where bicyclists or pedestrians may be present.
- ... particularly **unlikely to operate** as intended when **unable to accurately determine lane markings**. For example, lane markings are excessively worn, have visible previous markings, have been adjusted due to road construction, are changing quickly (lanes branching off, crossing over, or merging), objects or landscape features are casting strong shadows on the lane markings, or the road surface contains pavement seams or other high-contrast lines.
- Never depend on Autosteer to determine an appropriate driving path.

⁶³ https://www.tesla.com/ownersmanual/model3/en_jo/GUID-ADA05DFF-963D-477D-9A51-FA8C8F6429F1.html

⁶⁴ <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=TGxi12Be1BA>

⁶⁵ https://www.tesla.com/ownersmanual/model3/en_jo/GUID-ADA05DFF-963D-477D-9A51-FA8C8F6429F1.html#LANE3

⁶⁶ <https://www.theverge.com/2019/5/3/18527927/tesla-autopilot-lane-departure-avoidance-emergency-self-driving>

⁶⁷ https://www.tesla.com/ownersmanual/model3/en_us/GUID-20F2262F-CDF6-408E-A752-2AD9B0CC2FD6.html

Eksempler: LDW mv.

Kia (LDW, LKA)

Kilde: Kia⁶⁸



Fart: 60-200 km/t

Vegoppmerking: Systemet viser på display om vegoppmerking eller asfaltkanten er oppdaget (*ikke mer informasjon om hvorvidt kjørefeltbegrensninger kan oppdages uten oppmerkede linjer*)

Varsling og styring:

- Visuelt på display (linjen som overkjøres, vises i rødt), akustisk og vibrasjon i rattet
- LKA kan i tillegg styre bilen aktivt tilbake i kjørefeltet

Hands-on: Tar føreren hendene fra rattet i flere sekunder, varsler systemet føreren akustisk og med melding på display.

Innstillingsmuligheter: ? (*mangler informasjon*)

Skoda (LKA): Lane assist



Kilde: Motoreport⁶⁹; Skoda⁷⁰.

Kamerabasert system

Varsling og styring: Vibrasjon i ratt, visuell varsling på display, aktiv styring (se innstillingsmuligheter)

ACC: Kan sette ned fart (ACC) når LDW-varsling aktiveres

Innstillingsmuligheter:

- Tilleggsfunksjon «active lane assist»: LDW kan holde bilen i kjørefeltet, også i slake kurver, men føreren må fortsatt ha hendene på rattet (se «hands-on...»); kan slås av og da varsler LDW kun når bilen drifter utenfor kjørefeltet
- Kan slås av gjennom meny på skjerm i bilen
- Kan slås av og på varsling (vibrasjon i ratt) og aktiv styring hver for seg

Hands-on til «active lane assist»: Bilen kan i maks 10 sekunder holde bilen i kjørefeltet uten at føreren har hendene på rattet; etter X sekunder varsler det om at føreren må ta tilbake kontrollen.

Volkswagen (LKA): Lane assist



Kilde: VW^{71, 72, 73}

Fart: Virker fra 65 km/t.

Vegoppmerking: Kamerabasert på oppdager vegoppmerking; ifølge mediaomtaler i tillegg med kartbasert informasjon om andre bilers kjøremønster.

Varsling og styring: Gir moderat styringshjelp; er dette ikke tilstrekkelig, varsles føreren som da må overta styringen.

Midlertidig deaktivert når fører bruker blinklys, men aktiveres igjen når bilen oppdager bil ved siden av for å forhindre sidekollisjon i samme kjøretning

Hands-on: Etter 8-10 sekunder uten hender på rattet, varsles føreren, uteblir en reaksjon, slår systemet seg av.

Blindsonervarsling: Systemet varsler også når det er andre biler ved siden av eller bak bilen (ikke møtende biler) når førere vil skifte kjørefelt

⁶⁸ https://www.kia.com/content/dam/kia2/in/en/content/ev6-manual/topics/chapter6_16_2.html

⁶⁹ <https://www.youtube.com/watch?v=Yh8J8ujq0HQ>

⁷⁰ <https://www.youtube.com/watch?v=Xq4x7dvaNhQ>

⁷¹ <https://www.youtube.com/watch?v=kj-ei4Ym1sE>

⁷² <https://www.volkswagen.se/sv/innovation-och-teknik/assistanssystem/omgivningssensorer.html>

⁷³ <https://www.volkswagen.se/sv/innovation-och-teknik/assistanssystem/omgivningssensorer.html#laneassist>

Eksempler: LDW mv.

Volvo (LDW/LKA): Spurhalteassistent

Kilde: Volvo⁷⁴

Fart: 65-200 km/t

Varsling og styring:

- Varsling med vibrasjon på rattet
- Styringshjelp for å holde bilen i midten av kjørefeltet

Innstillingsmuligheter:

- Varsling og styring kan slås av og på hver for seg

Vegoppmerking / kjørefeltbredde:

- Deaktiveres i kjørefelt under 2,6 meter bredde

Kurver:

- I kurver varsler systemet ikke når bilen krysser midtlinje for å få en bedre kjørekurve

Wuling⁷⁵

LDW kan fungere dårlig på smale veger (under 2,5 meter) og på veldig brede veger (ikke oppgitt i meter)

Blindsonevarsling

Eksempler: Blindsonevarsling

Mercedes: Blind spot warning og Exit Alert



Kilde: Mercedes⁷⁶

Blindsonevarsling: Når føreren vil skifte kjørefelt (setter blinklys). Kan være koblet til Exit Alert (se eksempel under Dørvarsling)

Varsling/styring (trinnvis):

- Når bil ved siden av / bak bilen: Lyd (kun for første bil etter at blinklys brukes) og varseltrekant i sidespeil
- Styringsinput når føreren begynner å skifte felt

Volkswagen: Blind spot monitor



Kilde: Volkswagen USA⁷⁷

Kan være koblet til Lane Assist

Fart: Fungerer fra ca. 15 km/t

Kan bli slått av.

Varsling/styring (trinnvis):

- Når bil ved siden av / bak bilen: Lys på sidespeil
- Når føreren blinker: Blinkende varsellys på sidespeil
- Hvis systemet er koblet til Lane Assist og føreren begynner å skifte felt: Systemet forsøker å korrigere styringen
- Hvis føreren likevel fortsetter å styre: Ratt vibrerer

⁷⁴ <https://www.volvocars.com/at/support/car/v40/article/6d1dd86e1188beacc0a801e8001f2359>

⁷⁵ <https://wuling.id/en/blog/autotips/lane-departure-warning-important-safety-features-for-wuling-cars>

⁷⁶ <https://www.mercedes-benz.co.uk/passengercars/services/manuals.html/eqe-suv-2023-03-x294-mbux/videos/active-blind-spot-assist-with-exit-warning>

⁷⁷ <https://www.youtube.com/watch?v=5XZeiyTYCiE>

Dørvarsling

Eksempler: Dørvarsling

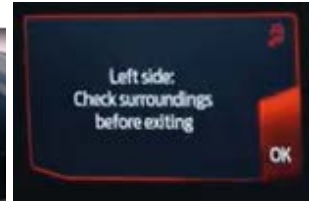
Ford Mustang: Exit Warning

Kilde: StarCarSifu⁷⁸; Ford⁷⁹

Syklist bak bilen: Varsling med pipelyd og budskap på displayet bak rattet

Ev. også blinkende juletrelys rundt sidespeil

Syklister oppdages med radar og de må sykle i minst 6 km/t for å bli oppdaget.



Mercedes: Exit Alert



Kilde: Mercedes⁸⁰

Blind spot assist må være slått på

Syklist/bil bak bilen: Varseltrekant i sidespeil

Fører begynner å åpne dør:

- Varsling med lyd
- Varseltrekant i sidespeil blinker
- Rød innvendig dørbelysning lyser og blinker



Aktiv i 3 min. etter at bilen er parkert og motoren slått av.

Lexus: Safe Exit Assist



Kilde: Lexus⁸¹

Syklist bak bilen:

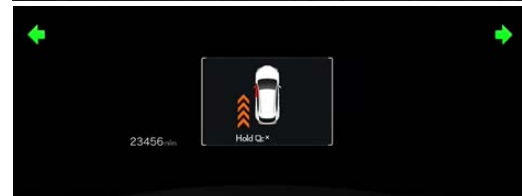
- Lysende / blinkende symbol i sidespeil
- Dør låst

Fører prøver å åpne døren

- Varsling med lyd: Piping og «Watch for traffic»
- Beskjed på display bak ratt
- Dør kan ikke åpnes
(kommentar: hadde vært interessant om dette kan overstyres f.eks. ved å dra ekstra-hardt i dørhåndtaket)



disables the unlock function of the e-Latch doors



⁷⁸ <https://www.carsifu.my/news/ford-to-introduce-exit-warning-on-mustang-to-prevent-dooring-accidents>

⁷⁹ <https://www.youtube.com/watch?v=W9RWDQK6oaY>

⁸⁰ <https://www.mercedes-benz.co.uk/passengercars/services/manuals.html/eqe-suv-2023-03-x294-mbux/videos/active-blind-spot-assist-with-exit-warning>

⁸¹ <https://www.youtube.com/watch?v=78w3CjyNvwM>

Eksempler: Dørvarsling

Waymo: Safe exit

Kilde: Cnet.com⁸²

Bruker radar etc., samme teknologi som ved autonom kjøring.

Varsler passasjerer med symbol og melding på display bak ratt og lyd.

Varsler personer utenfor bilen med symboler på taket (bilde t.h.).



Trøtthets- og distraksjonsvarsling

Eksempler: Trøtthets- og distraksjonsvarsling

Hyundai: Inattentive Driving Warning

Kilde: HyundaiUSA⁸³

Kan vise førerens oppmerksomhetsnivå på display bak rattet (når fører trykker på en knapp)

Kriterier: Kjøretid siden siste oppstart/siste pause, samt kjørestil (kjøretid stilles tilbake når motor slått av, bilbelte åpnet og førerdør åpnet eller over 10 min stopp)

Tøtt fører: Varsling med lyd og beskjed på display (uten at fører trykker på knappen)



Mazda: Trøtthetsvarsling

Kilde: bfu⁸⁴

Oppdage trøtthet:

- Rattbevegelser
- Hender på rattet
- Kamera i midtkonsollen som ser på førerens ansikt (gjesping, blinking, pupillereaksjoner, blikkbevegelser)

Registrerte data lagres i begrenset tid og kan brukes i rettsaker etter ulykker



Mercedes: Aktiv nødstoppassistent

Kilde: Mercedes⁸⁵

«Aktiver Nothalt-Assistent mit SOS-Funktion»

Varsling og nedbremsing: Jo lenger føreren er inaktiv, jo mer aktiv blir systemet: Ca. samme som for Volkswagen.

Kan i tillegg styre bilen til høyre kjørefelt (på veg med flere kjørefelt; fungerer ikke når bilen ikke oppdager vegoppmerking).



⁸² <https://www.cnet.com/roadshow/news/waymos-new-feature-scans-for-bikers-other-cars-to-prevent-accidents/>

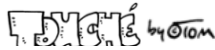
⁸³ https://www.youtube.com/watch?v=jZ7z57_kjA

⁸⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=mtaVrXAMRic>

⁸⁵ <https://www.mercedes-benz.de/passengercars/models/saloon/e-class/overview.html#features>

Eksempler: Trøtthets- og distraksjonsvarsling

TOM⁸⁶

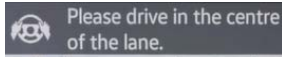


**Volkswagen:
Trøtthetsvarsling**

Kriterier: Kjøreatferd
Varsling med lyd og melding på display når systemet mener at føreren bør ta en pause



Volkswagen: Emergency Assist



Kilde: Volkswagen Sverige⁸⁷

Kriterier: Kjøreatferd, hendene på rattet
Varsling og nedbremsing: Jo lenger føreren er inaktiv, jo mer aktiv blir systemet



- Melding på display
- Akustisk varsel
- Korte svake nedbremsinger, strammet bilbelte
- LDW og ACC overtar kontroll over styring og fart
- Nødblink og nedbremsing til stillestående
- Nødmelding til akutttsentralen med informasjon om posisjon, åpner dørene

⁸⁶ <https://taz.de/#!tom=tomshuffle>

⁸⁷ https://www.youtube.com/watch?v=1RTcrb_AVUs

Kombinererte systemer

Eksempler: Kombinerte systemer

**Euro NCAP:
Highway assist**

kilde: Euro NCAP⁸⁸.

Euro NCAP beskriver: "Highway Assist systems is a driving assistance technology that supports the driver in monotonous driving situations on motorways by adapting the driving speed automatically according to curves in the road, speed limits and surrounding traffic."

Herfra lenkes til Speed Assistance Systems (<https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/speed-assistance/>):

Excessive speed is a factor in the causation and severity of many road accidents. Speed limits are intended to keep traffic speeds at an appropriate level for a given environment, ensuring the safety of motorists and other road users. Properly chosen, these speed limits should facilitate efficient traffic flow and promote safe driving conditions. Greater adherence to speed limits would avert many accidents and mitigate the effects of those that occur.

EURO NCAP PROMOTES INSTALLATION OF SPEED ASSISTANCE SYSTEMS THAT SUPPORT DRIVERS TO CONTROL THEIR SPEED.

Euro NCAP assesses different functions of Speed Assist Systems:

- informing the driver on the present speed limit;
- warning the driver when the car's speed is above the set speed threshold;
- actively preventing the car from exceeding or maintaining the set speed.

The most advanced systems, either speed limiter or intelligent Adaptive Cruise Control (ACC), combine all these functions, where setting the speed can be done by simply confirming the speed limit detected and shown by the vehicle on the basis of speed sign recognition or digital map data.

The functionality of the system is considered to make sure that the system can be used without undue distraction to the driver. Additionally, a subtle warning is given to the driver when the vehicle is not able to control the speed to the set maximum.

For systems that actively control the speed, tests are performed to ensure the system does this accurately.

⁸⁸ <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/glossary/#>; <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/safety-campaigns/2018-automated-driving-tests/>

Eksempler: Kombinerte systemer

Tesla: Autopilot

Kilde: Tesla⁸⁹

Autopilot for Model 3 finnes i to varianter, Basic og Enhanced:

Basic:

- **Traffic aware cruise control:** Regulere fart og avstand til forankjørende
- **Autosteer:** Regulere plassering i kjørefelt

Enhanced kan i tillegg:

- **Auto Lane Change:** Skifte felt når fører bruker blinklys
- **Navigate on Autopilot:** Kjøre på motorveg fra på- til avkjøringen, inkl. kjørefeltskifte, kjøring gjennom kryss, bruke blinklys, fine riktig avkjøring
- **Autopark:** Parkerer bilen parallel eller loddrett
- **Summon:** Kan kjøre bilen fram og tilbake når føreren er utenfor bilen (f.eks. rygge inn i eller ut av trange parkeringsluker)
- **Smart Summon:** Utvidet variant av Summon

Begrensninger:

- Føreren må ha hendene på rattet, ellers slår systemet seg av
- Fungerer dårlig eller ikke når kameraer/sensorer er skitne eller blokkert
- Fungerer dårlig eller ikke bl.a. i regnvær og når oppmerkingen er slitt

Volkswagen: Travel Assist; kjøassistant (kombinerte systemer)



Kilde: Samme som VW-ACC

Dette er to forskjellige systemer med veldig like funksjoner. De kan:

- Regulere fart
- Regulere avstand til forankjørende, inkl. nedbremsing til stillestående ved kø og starte opp igjen
- Regulere plassering i kjørefelt
- Skifte kjørefelt når fører bruker blinklys på motorveg.



⁸⁹ https://www.tesla.com/ownersmanual/model3/en_jo/GUID-101D1BF5-52D2-469A-A57D-E7230BBEE94B.html

Vedlegg 4. LDW og vegens beskaffenhet: Studier

Tekniske forutsetninger – krav til vegoppmerking

LDW og vegens beskaffenhet: Tekniske forutsetninger – krav til vegoppmerking	
Burghardt et al., 2021	Vegoppmerking er vanskeligere å oppdage i regn eller tåke, både for kamera- og LiDAR-baserte systemer (artikkelen handler ikke spesifikt om LDW, men generelt om machine vision); økt retroreflektivitet gjør det enklere å oppdage.
Elsegood & Mackenzie, 2023	Typiske situasjoner hvor LDW ikke oppdager kjørefeltlinjer: <ul style="list-style-type: none">▪ Skygger▪ Manglende oppmerking, stiplede («dotted») linjer▪ Situasjoner med sammenfletting eller nye kjørefelt▪ LDW kan ev. være forvirret av autiotaktile tiltak (rumble strips)
Euro NCAP	Euro NCAP rewards LKA and ELK systems, based on a standard set of tests performed on a test track. Both types of system are tested against various types of road-markings, including solid lines and dashed lines, and in situations where the road edge is not marked by a line. The performance is evaluated by considering the proximity of the vehicle to the edge of a lane marking or road edge at the time of intervention. https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/lane-support/
Euro NCAP, 2023	Test protocol Lane Support Systems: LDW, LKA og ELK testes under to betingelser som kan fritt velges blant: <ul style="list-style-type: none">▪ Heltrukken kantlinje▪ Stiplet kantlinje▪ Asfaltkant uten oppmerket kantlinje. Alle testene gjøres i dagslys med oppholdsvær på tørr veg.
Gamal et al., 2019	LDW kan både validere oppdaget vegoppmerking og «predikere» manglende (mangler informasjon om hvor lang en strekning kan være uten kjørefeltlinjer).
Hadi & Sinha, 2011	LDW benytter som regel kamerateknologi for å oppdage vegoppmerking. Vegoppmerking er vanskeligere å oppdage i regn eller tåke; økt retroreflektivitet gjør det enklere å oppdage.
Hadi et al., 2007	LDW benytter som regel kamerateknologi for å oppdage vegoppmerking. Vegoppmerking er vanskeligere å oppdage i mørke med regn; økt retroreflektivitet gjør det enklere å oppdage. Gule linjer er vanskeligere å oppdage enn hvite linjer.
Høye et al. 2023 (ADA-adok)	Feltskiftevarsler/kjørefelttholdere forutsetter ofte god kvalitet på side- og midtoppmerkingen. Mer avanserte systemer stiller i mindre grad slike krav, avhengig av benyttet sensorteknologi. Dersom vegene tilpasses teknologien i kjøretøy med feltskiftevarsler/kjørefelttholder, kan det føre til generelt bedre veger (f.eks. bedre oppmerking), noe som kan føre til lavere ulykkesrisiko også med førerstyrte biler. For å være selvkjørende i hele vegnettet må imidlertid bilene tilpasses slik at de ikke stiller spesielle krav til vegutformingen.
Re et al., 2021	LDW-testing i Euro NCAP: LDW er del av testprogrammet siden 2015 <ul style="list-style-type: none">▪ Fart 72 km/t▪ Drifting mot og over kjørefeltlinje i ulik hastighet▪ Ulike typer kjørefeltoppmerking (<i>ikke noe om veger uten oppmerking her</i>)▪ LDW må varsle ved alle kryssinger av kjørefeltlinjen, men uten konkret kriterium for når det må varsles▪ (Kjørefeltbredde er ikke spesifisert)▪ (Ikke noe om falske alarmer)

LDW og vegens beskaffenhet: Tekniske forutsetninger – krav til vegoppmerking

Re et al., 2021	<p>Obligatorisk LDW i EU: Obligatorisk å tunge kjøretøy. Testing:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fart 65 km/t ▪ Drifting mot og over kjørefeltlinje i ulik hastighet ▪ Valgfri type kjørefeltoppmerking ▪ Varsling må skje senest når utsiden på fronthjulet som først krysser en kjørefeltlinje, er 0,30 meter utenfor linjen.
Sternlund, 2017	<p>LDW benytter kamerateknologi for å oppdage langsgående vegoppmerking (kjørefelt-, kant- og midtlinjer)</p> <p>LDW virker dårlig:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Manglende eller slitt oppmerking ▪ Snø og regn som gjør at oppmerkingen er lite synlig eller helt skjult ▪ Lite kurveradius
Storsæter et al., 2021	<p>LDW er «typically» avhengige av god nok vegoppmerking.</p> <p>En del om standarder og vurdering av kvaliteten på vegoppmerking i Introduksjon</p> <p>Vegoppmerking er lettere å oppdage jo større retroreflektiviteten er.</p> <p>Vegoppmerking er vanskeligere oppdage i mørke og i regnvær</p> <p>Faktorer som påvirker kvaliteten på vegoppmerkingen, omfatter:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Type vegoppmerking (material) ▪ Vær, vinterdrift (brøyting, salting) ▪ Trafikk: ÅDT, tungtrafikk, piggdekkbruk
Teo et al., 2021	<p>Falske varsler: LDW kan produsere falske varsler, men i denne studier er det kun svært få; falske varsler kan bl.a. produseres på gamle og slitte vegoppmerkinger</p>

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

