



SELVKJØRENDE BILER

– teknologien bak og veien fremover



Teknologirådet

SELVKJØRENDE BILER

TEKNOLOGIEN BAK OG VEIEN FREMOVER

ISBN 978-82-92447-96-3 (trykket utgave)
ISBN 978-82-92447-97-0 (elektronisk utgave)

Utgitt: Oslo, 2018
Omslag: Bjørn Brochmann
Trykk: Allkopi
Copyright © Teknologirådet
Elektronisk publisert på: www.teknologiradet.no

FORORD

Regjeringen har gjort det mulig å teste selvkjørende biler på norske veier. De første søknadene er allerede innvilget og vil starte testing på offentlig om kort tid. Utviklingen mot selvkjørende kjøretøy i trafikken vil gi helt nye muligheter og utfordringer for samfunnet.

Bilkjøring kan bli tryggere og tilgjengelig for alle, og tiden i bilen kan brukes til å slappe av eller arbeide. Sammen med elektrifisering kan driftskostnadene bli betraktelig lavere, noe som kan bety privatsjåfør for prisen av en bussbillett. En slik utvikling kan også bety trengsel på veiene og behov for mer veikapasitet.

Denne rapporten er den første i Teknologirådets prosjekt «Selvkjørende transport». Den gir en oversikt over teknologien, analyserer tidsperspektiv og behov for ny infrastruktur, og peker på utfordringer ved sikkerhet, ansvar og personvern. I neste rapport vil vi se nærmere på hvordan organisering og byplanlegging kan påvirkes av digitalisering og selvkjørende kjøretøy.

Ekspertgruppen for prosjektet har følgende medlemmer:

- Rikke Amilde Seehuus, forsker ved Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)
- Jørgen Aarhaug, forsker ved Transportøkonomisk institutt (TØI)
- Lone-Eirin Lervåg, forsker ved SINTEF Teknologi og samfunn
- Håvard Haarstad, professor i samfunnsgeografi og bærekraftig byutvikling ved UiB og medlem i Teknologirådet
- Geir Malmedal, leder for politisk avdeling i NAF
- Erling Dokk Holm, førsteamanuensis, Institutt for markedsføring, økonomi og innovasjon, Høyskolen Kristiania

Teknologirådets prosjektledere Joakim Valevatn og Adele Flakke Johannessen har ledet arbeidet med rapporten, og jeg vil takke dem og ekspertgruppen for godt arbeid.

Tore Tennøe
Direktør, Teknologirådet

INNHOOLD

FORORD	6
SAMMENDRAG	10
INNLEDNING	15
KAPPKJØRING OM VEIENE	15
STORE MULIGHETER.....	16
MÅL FOR TRAFIKKEN.....	17
HVOR ER VI PÅ VEI?	17
Rapportens struktur	18
SLIK KJØRER BILEN SELV	19
TEKNOLOGIEN BAK SELVKJØRENDE BILER	19
Maskinlæring og kunstig intelligens	20
Sensorer og tolkning av sensordata	21
Kraftigere og mer kompakt maskinvare	22
HD-kart	23
NIVÅER: FRA MANUELL TIL AUTONOM KJØRING	24
BILER SOM KOMMUNISERER.....	26
TEKNOLOGISKE UTFORDRINGER SOM GJENSTÅR.....	27
Vær og føre	27
Unntakstilfeller	28
DISSE KJØRETØYENE KOMMER PÅ VEIENE.....	30
Persontransport.....	30
Varetransport.....	31
Nyttekjøretøy	31
NÅR TAR SELVKJØRENDE BILER OVER VEIENE?	32
TRE RETNINGER FOR SELVKJØRENDE TRANSPORT	33

NY KOLLEKTIVTRANSPORT	34
Kan gi drastiske endringer i byområder	34
Hva påvirker utviklingen?	34
ROBOTTAXI I BYER	35
Færre biler, men mer bilkjøring	36
Hva påvirker utviklingen?	37
SELVKJØRENDE PRIVATBILER	37
Det tar tid før store deler av bilparken er selvkjørende.....	38
Hva påvirker utviklingen?	38
PÅVIRKNING PÅ INFRASTRUKTUR	40
KAN GI BEDRE KAPASITET, MEN ØKT ETTERSPOSEL	41
Størst kapasitetsutfordringer i byområder	41
En rekke faktorer taler for økt trafikk.....	42
INFRASTRUKTUREN KAN OPPGRADERES PÅ SIKT	43
SIKKERHET, ANSVAR OG PERSONVERN	44
LOV Å TESTE PÅ NORSKE VEIER.....	45
AVANSERT FØRERSTØTTE SKAPER UTFORDRINGER	46
Tester grenser	47
Menneske og maskin	48
MASKINER KAN VÆRE TRYGGERE ENN SJÅFØRER.....	49
Hacking	49
Sensormanipulasjon.....	50
BILEN SOM MORALSK AKTØR.....	51
Tankeeksperimentet er vanskelig i praksis.....	53
ANSVAR	54
Ny ansvarsfordeling	54
OVERVÅKING PÅ NORSKE VEIER	55
Data fra omverdenen	55
Data om passasjerene	56
VEIEN FREMOVER	58
BEHOV FOR POLITIKK.....	58
ANSVAR OG SIKKERHET	59
Arbeidet med et norsk lovverk må starte nå	60
Ansvaret mellom menneske og maskin må avklares	60
Selvkjørende biler må ikke diskriminere	63

Fjernstyring av kjøretøy må begrenses	63
Bruk av selvkjørende kjøretøy skal kun skje på godkjente og tilrettelagte strekninger	64
DELVIS AUTOMATISERING	64
Delvis automatisering MÅ reguleres bedre	65
PERSONVERN, DATA OG DIGITALE KART	66
Selvkjørende biler skal ikke brukes som rullende overvåkningskameraer	66
Det må fortsatt være mulig å ferdes på norske veier uten å spores kontinuerlig	67
Ta kontroll over 3D-kart	68

REFERANSER

69

SAMMENDRAG

Fra å være en umulighet for få år siden, testes nå selvkjørende kjøretøy på veier verden over. Flere bilprodusenter og teknologiutviklere anslår å ha selvkjørende produkter klare for markedet i 2021. I første omgang vil vi se taxier og minibusser, mens det vil ta tid før selvkjørende kjøretøy i privat eie er klar for markedet.

I Norge har regjeringen vært offensiv, og utprøving av selvkjørende kjøretøy på offentlige veier vil starte i 2018. Selvkjørende kjøretøy kan gi bedre fremkommelighet og tryggere trafikk. I tillegg kan teknologien bety nye muligheter for byplanlegging, dersom parkeringsplasser blir frigjort og trafikken reduseres.

SLIK KJØRER BILEN SELV

For å klare å kjøre av seg selv, er selvkjørende biler utstyrt med sensorer, kraftige datamaskiner og kunstig intelligens. En selvkjørende bil må klare de samme oppgavene i trafikken som et menneske utfører. Maskinvaren som trengs for at en selvkjørende bil skal kunne fungere blir stadig billigere og mer kompakt.

Selv om selvkjørende biler allerede testes på veiene, gjenstår det fortsatt utvikling før de er fullstendig klare til å ferdes i trafikken:

- Vær og føre: I Norge kan kjøring om vinteren bli utfordrende, men forbedringer i sensorer og kunstig intelligens ser ut til å kunne løse disse utfordringene.
- Unntakstilfeller: Det meste som skjer i trafikken følger forutsigbare regler, og er relativt enkelt for en maskin å kunne gjennomføre. Men

kjøretøyene må også lære seg å håndtere mer uvanlige hendelser. Dette krever mye testing og avansert programvare.

NÅR TAR DE OVER VEIENE?

Utviklingen av selvkjørende kjøretøy kan deles i tre: Selvkjørende privatbiler, robottaxier og selvkjørende kollektivtransport.

I første omgang vil saktegående minibusser i bytrafikk eller på forhåndsbestemte ruter vil tas i bruk, dette kan skje allerede i år. I løpet av de neste 5 årene kan vi regne med at teknologien kan muliggjøre selvkjørende taxier i noen byområder. Fullstendig selvkjørende privatbiler ligger fortsatt et godt stykke unna før teknologien er klar, men delvis automatisering kan skje på sikt.

Hvor fort de forskjellige typene kjøretøy får betydning for trafikken avhenger av teknologisk utvikling, politiske beslutninger og endringer i samfunnet. For eksempel kan utbredelsen av robottaxier avhenge av konkurransepolitikk og mobilitetsprising, mens utbredelsen av selvkjørende privatbiler kan styres av hvorvidt reguleringene tillater det.

PÅVIRKNING PÅ INFRASTRUKTUR

Selvkjørende kjøretøy kan påvirke behovet for investering i infrastruktur i hovedsak på to måter:

- **Kapasitet:** Dersom biler kan kjøre tettere sammen, vil det kunne romme økt trafikk uten at man bygger ekstra felt. På den andre siden kan økt tilgang og lavere pris føre til at etterspørselen etter veikapasitet øker.
- **Spesifikasjoner:** Selvkjørende kjøretøy kan kreve nye standarder for hvordan infrastruktur bygges, enten i form av kommunikasjonsteknologi langs veiene, eller fysiske endringer som på- og avlastingspunkter.

De største endringene vil mest sannsynlig skje ved atferdsendringer som følge av teknologien: Enten flere biler på veiene grunnet økt etterspørsel etter privat bilkjøring, eller færre biler på veiene som følge av deling og samkjøring.

SIKKERHET, ANSVAR OG PERSONVERN

Den potensielle sikkerhetsfordelen ved selvkjørende biler er basert på antakelsen om at ca. 90% av dagens trafikkulykker skyldes menneskelig svikt. Mennesker sovner bak rattet, kjører i ruspåvirket tilstand, bruker smarttelefonen eller gjør andre ting enn å følge med på veien. Selvkjørende biler vil la passasjerene både tekste og hvile uten å sette noen i fare. Samtidig oppstår det nye utfordringer når skillet mellom menneske og maskin blir uklart. Spesielt når det kommer til delvis automatisering ser vi et behov for at myndighetene tar grep for å ivareta god trafiksikkerhet.

Selvkjørende kjøretøy kan også bli en utfordring for personvern: Kjøretøyene bruker kameraer og svært detaljerte kart for å orientere seg i omgivelsene. Dette gjør at virksomhetene som leverer kjøretøyene kan samle inn og oppbevare svært mye informasjon om personer og eiendommer utenfor kjøretøyene. Selvkjørende kjøretøy vil også kunne samle inn mye informasjon om hvor folk reiser.

VEIEN FREMOVER

Norske myndigheter har lagt til rette for utvikling ved å vedta testlovverket for selvkjørende biler. Når selvkjørende kjøretøy skal bli en del av trafikken er det viktig med politiske tiltak som sørger for at det ikke blir negative konsekvenser for sikkerhet, personvern og trafikkavvikling. Teknologien løper foran reguleringen. Derfor er det viktig at riktige premisser for utviklingen settes allerede nå. Med bakgrunn i teknologien slik den er beskrevet i denne rapporten, mener vi det er behov for politikkutforming på følgende områder (for nærmere beskrivelse og begrunnelse se kapitlet «Veien fremover»):

Arbeidet med et norsk lovverk må starte nå

Mye av lover og standarder for kjøretøy utvikles internasjonalt, men det er også behov for at de norske lovene oppdateres. For at selvkjørende kjøretøy skal kunne tas i bruk som mer enn utprøvingsprosjekter, mener ekspertgruppen det er viktig at arbeidet med et nytt lovverk starter nå.

Ansvar mellom menneske og maskin må avklares

I «Loven om utprøving av selvkjørende kjøretøy» kreves det at en ansvarlig person for testforsøket skal pekes ut. Ved en alminnelig lov må ansvaret fordeles på en annen måte og ekspertgruppen anbefaler at man tar hensyn til de ulike automatiseringsnivåene.

Selvkjørende biler må ikke diskriminere

Til forskjell fra mennesker, som vil reagere instinktivt for å unngå en plutselig ulykke, kan datamaskiner i teorien ta en rasjonell beslutning. Dette krever at etiske beslutninger må tas før en eventuell ulykke skjer. Dette kan være spesielt kontroversielt i tilfelle kjøretøyet må velge mellom sikkerheten til de som sitter inne i kjøretøyet og de som er utenfor.

Vi anbefaler at det etableres etiske retningslinjer for hvordan selvkjørende kjøretøy skal opptre i trafikken. Dette er viktig for å sikre åpenhet og forutsigbarhet for alle trafikanter. Et viktig etisk prinsipp bør være at kjøretøyene ikke skal kunne programmeres til å diskriminere mellom mennesker basert på alder, kjønn eller andre faktorer.

Fjernstyring av kjøretøy må begrenses

Dersom det oppstår uventede situasjoner som programvaren til kjøretøyet ikke klarer å løse, kan det være nødvendig at et menneske tar over styringen fra avstand. Men muligheten til å styre et kjøretøy fra avstand vil være det som kan få størst konsekvenser ved et hackerangrep.

Ekspertgruppen anbefaler at muligheten til å kontrollere et kjøretøy utenfra reguleres. For å redusere mulige konsekvenser bør hastigheten for kjøretøy som fjernstyres begrenses på en slik måte at det ikke kan forvolde stor skade.

Bruk av selvkjørende kjøretøy skal kun skje på godkjente og tilrette-lagte områder

Vi anbefaler at selvkjørende kjøretøy kun tillates på strekninger og i områder, som er forhåndsgodkjent av veimyndighetene for denne typen bruk. Risikoen øker ved blandet trafikk og øvrige trafikanter bør derfor gjøres oppmerksomme på at veiene deles med autonome kjøretøy, for eksempel ved hjelp av skilting.

Delvis automatisering må reguleres bedre

Teknologirådets ekspertgruppe anbefaler at systemer for delvis automatiserte kjøretøy reguleres bedre enn i dag. I praksis faller disse systemene utenfor dagens lover, ettersom utprøving skjer på førerens eget ansvar. Nye reguleringer bør skille mellom teknologi som støtter føreren, og teknologi som passiviserer føreren i den grad at det er vanskelig å ta over styringen på kort varsel.

Selvkjørende biler skal ikke brukes som rullende overvåkingskameraer

Selvkjørende kjøretøy bruker en rekke kameraer for å kjøre i trafikken. På sikt, dersom teknologien omfavnes av mange, vil flåter av selvkjørende kjøretøy kunne utgjøre massive nettverk av kameraer som kan brukes til overvåking.

Vi anbefaler derfor at norske myndigheter er spesielt oppmerksomme på hvordan sensor- og kamerainformasjon fra selvkjørende kjøretøy skal behandles og lagres.

Det må fortsatt være mulig å ferdes på norske veier uten å spores kontinuerlig

En selvkjørende bil vil vite hvor den befinner seg til enhver tid og sannsynligvis også kunne ta vare på en del av sin egen lokasjonshistorikk. Dette gjør at mye informasjon om hvor passasjerer reiser kan bli tilgjengelig.

Det bør stadig være mulig å kjøre i privat modus, hvor bilen ikke tar i bruk mer informasjon om oss enn hva som er nødvendig for å levere en trygg reise. Det må derfor etableres klare retningslinjer for hvem som eier dataene, hvordan de skal lagres og eventuelt behandles etter at forbruker har gitt et frivillig og informert samtykke.

Ta kontroll over 3D-kart

For å få en selvkjørende bil til å fungere er det en fordel med svært detaljerte kart. Store private aktører, som blant andre Google, Apple, Tesla, Baidu, samler inn disse dataene og i dag har de ingen plikt til å dele disse med offentligheten.

Ekspertgruppen mener at norske myndigheter bør ta en aktiv rolle i administrering av kart for selvkjørende kjøretøy. For å bruke norske veier bør det være et premiss at selskapene deler informasjon som kan komme fellesskapet til gode. Med tanke på sikkerhet, bør myndighetene vurdere hvor mye av denne informasjonen som skal være tilgjengelig for allmennheten.

INNLEDNING

Bilen forandret i etterkrigstiden hvordan vi lever og bor. Nå kan den gjøre det igjen.

I Norge har privatbilen vært allment tilgjengelig siden 1960. I den perioden har bilen bidratt til store endringer i samfunnet. Bilen er Norges viktigste transportmiddel og en forutsetning for at hverdagen skal gå opp, for mange. Samtidig medfører den også ulemper i form av ulykker, forurensning og tapt tid.

Nye sprang i teknologien gjør nå at det er mulig å tenke nytt rundt hvordan vi organiserer trafikken:

- **Elektrifisering** reduserer CO₂-utslipp fra bilkjøring
- **Digitalisering** og kommuniserende kjøretøy kan gi bedre organisering av trafikken ved hjelp av flåtestyring og nye forretningsmodeller for deling
- **Selvkjørende biler** kan gjøre bilkjøring sikrere og gi bedre fremkommelighet for flere

KAPPKJØRING OM VEIENE

For ikke lenge siden var det en teknologisk umulighet, men nå foregår det en kappkjøring mellom tradisjonelle bilprodusenter og nye teknologiaktører for å

sette selvkjørende biler på veiene. Tradisjonelle bilprodusenter som Ford, Volvo og Mercedes satser alle på at de vil ha produkter på markedet mellom 2020–2025.¹ Samtidig får de konkurranse fra teknologiselskaper som Waymo, kinesiske Baidu og Uber.

En rask teknologisk utvikling gjør nå at selvkjørende biler er i ferd med å bli en del av transportsystemet. I tillegg til at kjøretøyene endres, skjer også endringer i hvordan transportsystemet innrettes som følge av digitalisering.

STORE MULIGHETER

Selvkjørende biler kan gi store gevinster for samfunnet når teknologien er klar for veiene:

- **Fremkommelighet for flere:** Voksne som ikke har førerkort, barn, blinde og folk med funksjonshemninger kan få mulighet til å kjøre bil. Dette kan gjøre tilgangen til transport mer rettferdig enn i dag.
- **Miljø:** Digitalisering gir mulighet for bedre koordinering av trafikken. Dersom flere deler bil, og bilene er elektriske, kan det være godt nytt for miljøet.
- **Bedre trafiksikkerhet:** Over 90% av alle trafikkulykker skyldes menneskelig svikt.² I Norge dør over 100 personer i trafikken hvert år. Dersom teknologien blir tryggere enn menneskelige sjåfører, kan dette være muligheten for å nå visjonen om null drepte i trafikken i Norge.
- **Tid og penger spart:** Drosje og kollektivtransport kan bli billigere fordi sjåførkostnadene forsvinner. Grunnet digitalisering vil også tilbudet kunne bli bedre tilpasset individuelle behov. For det andre kan tiden brukt til å kjøre selv, brukes på andre ting.
- **Bedre arealbruk:** Selvkjørende kjøretøy kan gi mindre behov for parkeringsplasser i byene. Dette kan gi stor gevinst ved at arealer kan brukes til andre formål med større avkastning.

¹ Driverless Car Market Watch (2018)

² US Department of Transport (2018)

MÅL FOR TRAFIKKEN

I Nasjonal transportplan 2018–2029 (NTP) planlegges investeringer for over 1000 milliarder kroner, for å forbedre fremkommelighet, miljø og trafikksikkerhet i Norge.³

God mobilitet er en forutsetning for et moderne samfunn. Tilrettelegging for at transport kan gjennomføres på en effektiv og forutsigbar måte er viktig for et velfungerende samfunn. Regjeringen ønsker å sikre god tilgjengelighet og universelt utformede reisekjeder, og gjøre reiseplanlegging enklere med bedre informasjonsverktøy.⁴

En forventet befolkningsøkning og fokus på klimagassutslipp er en av grunnene til at Stortinget har erklært et mål om at de største byene ikke skal ha vekst i privatbiltransport frem mot 2030. Målet innebærer at veksten i persontransporten i byområdene skal tas med kollektivtransport, sykkel og gange. Slik det er i dag, ser det ut til at byene vil få problemer med å nå dette målet.⁵

Siden 1970-tallet har det vært drevet langsiktig og målrettet trafikksikkerhetsarbeid i Norge. Men fortsatt dør over 100 personer i trafikken hvert år.⁶ Regjeringens hovedmål for transportsikkerhet er å redusere transportulykkene i tråd med nullvisjonen. Nullvisjonen – «en visjon om et transportsystem som ikke fører til tap av liv eller varig skade» – ble vedtatt av Stortinget i forbindelse med behandlingen av Nasjonal transportplan 2002–2011 og er videreført i samtlige Nasjonale transportplaner, samt i de årlige statsbudsjetter.⁷

HVOR ER VI PÅ VEI?

I januar i år trådte loven om testing av selvkjørende kjøretøy på offentlige veier i kraft. Ved å tillate testing av selvkjørende biler legger det offentlige til rette for teknologiutvikling.

³ Meld. St. 33 (2017)

⁴ Meld. St. 33 (2017)

⁵ Statens vegvesen (2018)

⁶ Statistisk sentralbyrå (2017)

⁷ Statens vegvesen (2010)

⁸ Meld. St. 33 (2017)

Selvkjørende kjøretøy og digitalisering kan være en utslagsgivende faktor for å innfri hovedmålene i NTP, men utviklingen kan også motarbeide dem. På sikt kan selvkjørende kjøretøy erstatte mange arbeidsplasser. Digitalisering av transporten betyr også en økt fare for hacking eller teknisk svikt. Og billigere og mer tilgjengelig transport kan føre til at mengden trafikk øker drastisk.

For å oppnå målene er det derfor viktig at politikere og beslutningstakere forstår teknologien og får et bilde av når og i hvilken form den kommer.

Vi vil i senere utgivelser se nærmere på hvordan organisering og byplanlegging kan påvirkes av digitalisering og selvkjørende kjøretøy.

RAPPORTENS STRUKTUR

Kapittel 2, «Slik kjører bilen selv», beskriver hva selvkjørende kjøretøy er og hvordan de fungerer.

I kapittel 3 «Når tar selvkjørende biler over veiene?» har vi delt inn utviklingen slik den ser ut i tre forløp: privatbiler, taxi og kollektivtransport. For hvert av forløpene viser vi til mulige konsekvenser og måter politikken kan påvirke utviklingen.

I kapittel 4 «Sikkerhet, ansvar og personvern» ser vi blant annet på datasikkerhet, faren for at norske veier blir overvåket, og utfordringer som oppstår når ansvaret deles mellom menneske og maskin.

I rapportens avsluttende kapittel «Veien fremover» ser vi på noen av de politiske spørsmålene som teknologien åpner opp for, og kommer med anbefalinger om sikkerhet, ansvar og datapolitikk for selvkjørende biler.

SLIK KJØRER BILEN SELV

Selvkjørende biler ble sett på som umulig for 15 år siden. Nå kjører de på veier verden over. Store sprang innen sensorteknologi og kunstig intelligens har gjort det mulig.

I 2004 utlyste det amerikanske forsvaret til The DARPA Grand Challenge: en konkurranse om å lage en selvkjørende bil som kunne kjøre en 240 kilometer lang løype i ørkenen. Bilen som kom lengst endte med å kjøre av veien etter bare 12 kilometer. Året etter fullførte fem lag løypen, og vinneren brukte nye metoder for maskinlæring for å komme først.

Vinnerprosjektet ble videreført av Google, og skilt ut som selskapet Waymo. I november 2017 var Waymos biler gode nok til å fungere i vanlig trafikk og uten sikkerhetssjåfør bak rattet i Phoenix, Arizona. Selskapet vil snart begynne å tilby taxitjenester i flere amerikanske byer.⁹

TEKNOLOGIEN BAK SELVKJØRENDE BILER

For å klare å kjøre av seg selv, er selvkjørende biler utstyrt med sensorer, kraftige datamaskiner og kunstig intelligens. En selvkjørende bil må klare de samme oppgavene i trafikken som et menneske utfører:

⁹ Waymo.com

- **Vite hvor den befinner seg:** Ved hjelp av sensorer og satellittnavigasjon kan bilen posisjonere seg i veibanen og på kartet.
- **Forstå omgivelsene:** Maskinsyn brukes til å se og tolke omgivelsene, slik som å lese skilt eller skille fotgjengere fra syklist. I tillegg brukes laser- og radar-sensorer for å bedømme avstand til objekter i og utenfor veibanen.
- **Ta beslutninger i trafikken:** En selvkjørende bil må programmeres til å følge trafikkregler, velge beste rute fra A til B og hvordan den skal forholde seg til andre trafikanter.
- **Manøvrere:** Når bilen vet hvor den befinner seg og hvor den skal, må denne informasjonen gjøres om til instruksjoner om hvordan den skal akselerere og styre.

MASKINLÆRING OG KUNSTIG INTELLIGENS

En stor del av oppgavene en bil skal utføre kan programmeres på forhånd, som trafikkregler eller kommandoer for hvordan vanlige hendelser i trafikken skal håndteres. Men ettersom mye av det som skjer i trafikken er unike tilfeller, er det umulig å legge inn alt for hånd. Derfor brukes også metoder for maskinlæring og kunstig intelligens til å gjøre bilene i stand til å kjøre:

- **Bildegjenkjenning:** Det er vanskelig å programmere regler for hvordan et kamera skal skille mellom ulike objekter i trafikken. Derfor brukes millioner av bildeeksempler til å trene opp maskinen til å skille mellom syklist, barn og fotgjengere.
- **Atferd:** Maskinlæring kan også brukes til å lære hva bilen skal gjøre i ulike situasjoner. Istedenfor å programmere trafikkregler og liknende eksplisitt, læres disse fra opptak av biler styrt av mennesker. Opptakene inneholder både hva sensorene ser og hva føreren gjorde. Opptak fra mange millioner kjørte kilometer er nødvendig for at bilen skal kunne lære hva den skal gjøre i de fleste trafikksituasjoner.¹⁰
- **Simulering:** Scenarier fra trafikken kan gjenskapes i digitale omgivelser, hvor de kan testes om og om igjen, til maskinen finner frem til den beste måten å løse problemet på, litt som i et dataspill.¹¹

¹⁰ Nvidia (2017)

¹¹ The Atlantic (2017)

En utfordring ved å bruke metoder for maskinlæring er at det kan være vanskelig eller umulig å forstå hva maskinene egentlig har lært. Det gjør det vanskelig å garantere hvordan maskinene vil håndtere nye situasjoner og krever mye empirisk testing. Dette vil være problematisk dersom det skjer en ulykke og det i etterkant ikke lar seg gjøre å forklare hvordan den skjedde. Samtidig er enkelte oppgaver så å si umulig eller svært upraktisk å løse uten maskinlæring, slik som å kjenne igjen objekter i veibanen.

SENSORER OG TOLKNING AV SENSORDATA

En selvkjørende bil bruker en rekke forskjellige sensorer for å orientere seg og se omverdenen:



Bilde: Waymo

1. **Lidar** er en form for lasermåling som gir et detaljert og tredimensjonalt bilde av omgivelsene. Denne typen sensorer er svært presise, men koster mye og kan ha problemer med å fungere i dårlig vær.
2. **Kamera** og bildegenkjenning identifiserer skilt og objekter i veibanen. Kameraer er svært billige og gir mye detaljert informasjon, men fungerer dårlig i mørke og kan ikke presist måle avstander.
3. **Radar** ser objekter i bevegelse og måler avstander. De fungerer i all slags vær, men er lite detaljerte. Radar kan også brukes til å se ned i

bakken, slik at bilen kan orientere seg etter hvordan bakken ser ut under asfalten.

4. **Treghetsmålere** brukes til å måle bilens orientering og hastighet. Dette brukes til å måle hvordan bilen beveger seg.
5. **GPS** brukes for å angi posisjonen til kjøretøyet. Ettersom GPS-signaler kan være ustabile, har bilen også tilleggsystemer som gjør at den til enhver tid kan måle nøyaktig posisjon. For eksempel vil den kunne orientere seg etter et ferdiglaget kart, og ved hjelp av å måle bevegelse.

Kjøretøyet bruker kraftige datamaskiner og avansert programvare for å tolke informasjonen fra sensorene. *Sensorfusjon* består av å sammenstille informasjon fra flere forskjellige typer sensorer, slik at man får et mest mulig detaljert bilde. Ved å bruke flere forskjellige typer sensorer, sørger man for *redundans*, altså at bilen kan fortsette å kjøre selv om en av sensorene forstyrres eller faller ut.

Tesla satser på kamerasyn

For de aller fleste prototyper på selvkjørende biler er en lidar-sensor viktig for at bilen skal kunne få et presist nok bilde av omverdenen til å kunne kjøre trygt.

Elbil-produsenten Tesla er et unntak, og selger allerede i dag biler som de hevder er utstyrt med all maskinvare som kreves for å kunne gjøre den fullstendig selvkjørende.¹² Dermed satser de på at kamerasyn og radar skal være tilstrekkelig. For å få til dette er de nødt til å utvikle kunstig intelligens som fungerer godt nok, slik at de kan oppgradere bilene med ny programvare når den er klar.¹³

Dersom Tesla får til å utvikle fullstendig selvkjørende biler uten lidar-sensorer vil det bety at det vil bli langt billigere å produsere selvkjørende biler, noe som gjør at de kan bli allemannseie. Noen eksperter er uenige i at fullstendig selvkjøring vil kunne la seg løse uten bruk av lidar.¹⁴

KRAFTIGERE OG MER KOMPAKT MASKINVARE

Maskinvaren som trengs for at en selvkjørende bil skal kunne fungere blir stadig billigere og mer kompakt. Sensorsystemer som tidligere var på størrelse med et salongbord festet på taket kan nå integreres i speil, grill og på taket. Overgangen

¹² Tesla (2018)

¹³ The Verge (2018)

¹⁴ The Verge (2018)

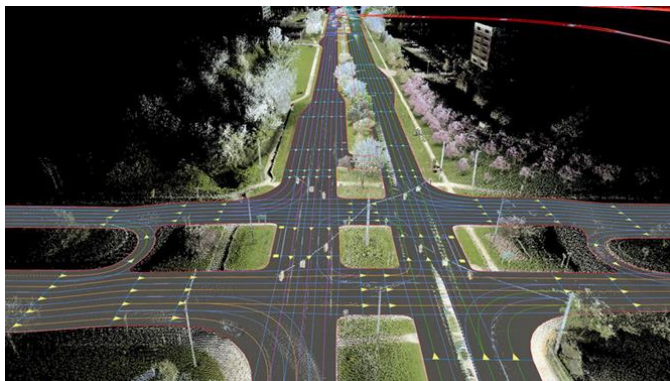
til elektrisk fremdrift gjør at bilene blir enklere i konstruksjon.¹⁵ En datamaskin med regnekraft tilsvarende 150 bærbare datamaskiner kan nå lages på størrelse med en skoese som får plass i hanskerommet.¹⁶

HD-KART

En selvkjørende bil trenger en modell av omverdenen for å orientere seg. Dette kan i prinsippet være et enkelt digitalt todimensjonalt kart, slik man bruker på en smarttelefon. Dersom bilen kun skal orientere seg ved hjelp av et enkelt kart, må den bruke mye datakraft på å forstå og kartlegge omgivelsene.

Derfor er det vanlig å bruke høydefinisjons-kart (HD). Dette er tredimensjonale kart med mye informasjon om veiene bilen skal kjøre på. Disse lages ved at biler med sensorer kjøres manuelt på strekningene som skal kartlegges. Selvkjørende biler kan deretter brukes til å oppdatere kartene kontinuerlig. Ved å bruke svært detaljerte HD-kart, kan bilene konsentrere maskinkraften sin på å ta raske beslutninger i trafikken.¹⁷

Ved å ha tilgang til svært detaljerte kart kan en bil orientere seg uten å behøve GPS. Kartet kan også inneholde informasjon som ikke er synlig, for eksempel hvordan bakken ser ut med radar under asfalten. På denne måten kan bilen orientere seg, selv om sikten fremover er dårlig.



Detaljert: Et HD-kart inneholder informasjon om veibanen, terreng, kjennemerker i omgivelsene som gjør at bilen lettere kan orientere seg. (Bilde: Here.com)

¹⁵ Jenssen G. D. (2017, s. 197)

¹⁶ Electrek (2017)

¹⁷ Seif, Hu (2016)

Kina forbyr utenlandske HD-kart¹⁸

Et HD-kart kan være presist ned på centimeternivå. Ifølge kinesiske lover er det ikke lov til å offentliggjøre kart som er mer presise enn 50 meter. De kan heller ikke inneholde informasjon om høyde på broer og annen type infrastruktur. Informasjon om geografisk data, slik som elevasjon og koordinater kan heller ikke inkluderes på offentlige kart. Grunnet denne typen retningslinjer er det umulig å lage offentlige kart for selvkjørende kjøretøy som går overens med lovverket.

Av denne grunn tillates ingen utenlandske aktører å bedrive kartlegging for selvkjørende biler i Kina. Dette inkluderer også samarbeid mellom kinesiske og utenlandske aktører, og utenlandske investeringer relatert til kartteknologi.

Kinesiske virksomheter som vil drive med elektronisk kartlegging trenger en egen lisens for å gjøre det. Så langt har 14 virksomheter fått lisens for dette. Det er fortsatt uklart hvordan dagens strenge reguleringer vil påvirke mulighetene kinesiske bedrifter har til å lage HD-kart til selvkjørende kjøretøy.

NIVÅER: FRA MANUELL TIL AUTONOM KJØRING

Det er vanlig å klassifisere grader av automatisering fra nivå 0 til nivå 5 i henhold til SAE Internationals standard. Nivåene betegner i hvor stor grad kjøretøyet er automatisert og hvem som har ansvar for å følge med på veien:¹⁹

¹⁸China Law Insight (2018)

¹⁹ Nhtsa.com

**Nivå 0 – ingen automatisering:**

Føreren har full kontroll til enhver tid, og ingen systemer brukes for å gripe inn.

**Nivå 1 – førerstøtte:**

Føreren har full kontroll over styring eller hastighet, mens en av funksjonene automatiseres. Slik som ved adaptiv cruisekontroll.

**Nivå 2 – delvis automatisering:**

Styring og hastighet er automatisert under gitte betingelser, men føreren må til enhver tid være klar til å ta over.

**Nivå 3 – betinget automatisering:**

Styring og hastighet er automatisert under gitte betingelser, og føreren får varsel i god tid om å ta over når det trengs.

**Nivå 4 – høy automatisering:**

Bilen har fullstendig kontroll over styring og hastighet under gitte betingelser. Dette kan for eksempel gjelde innen et begrenset geografisk område.

**Nivå 5 – full automatisering:**

Bilen har fullstendig kontroll til enhver tid, og under alle forhold

I følge Vegtrafikkloven skal føreren til enhver tid følge med på veien. Teslas Autopilot regnes som nivå 2 på SAE-skalaen, ettersom versjonen under utprøving krever at føreren til enhver tid følger med på veien. Dersom en fører skal kunne slippe å følge med uten å bryte loven, krever det en endring i lovverket.

Det som finnes av fullstendig selvkjørende taxier og minibusser ligger på nivå 4, ettersom de kun opererer innenfor godt kartlagte og forhåndsdefinerte områder.²⁰ Det kan ta lang tid før teknologien for nivå 5 er klar, ettersom dette vil kreve at bilen kan kjøre over alt uavhengig av hvor godt veien er kartlagt eller merket.

BILER SOM KOMMUNISERER

Samvirkende intelligente transportsystemer (C-ITS²¹) betegner transportteknologi som er kommuniserende og samarbeidende. Dette kan innebære at bilene kommuniserer med hverandre (V2V – vehicle to vehicle) eller med infrastrukturen (V2I – vehicle to infrastructure). Formålet med C-ITS er å fremme sikkerhet, effektivitet og miljø.²² For eksempel kan en bil få et varsel dersom et dyr befinner seg i veibanen, om en bil lenger fremme bråbremser eller om det oppstår trafikkproblemer.

Enkelte eksperter påpeker at det er viktig å satse på å utvikle smarte kjøretøy fremfor å bygge smarte veier. Med dette mener de at kjøretøyene bør klare seg mest mulig på egen hånd, fremfor å være avhengig av å kommunisere med spesialisert infrastruktur langs veiene. Dette vil kunne redusere behovet for å investere i ny infrastruktur.²³

I EU-kommisjonens strategi for C-ITS anbefales det at alle selvkjørende skal kommunisere med hverandre og infrastruktur. Nøyaktig hvilken infrastruktur som trengs er fortsatt usikkert, men sannsynligvis vil eksisterende mobilnett og 5G-nettet kunne dekke en del nødvendig kommunikasjon (f.eks. fjernstyring av kjøretøy).²⁴

²⁰ Jenssen G. D. (2017, s. 198)

²¹ EU (2018) (C-ITS = connected intelligent transport systems)

²² Sintef.no

²³ Lipson & Kurman (2016, s. 1450)

²⁴ European Commission (2017, 20.september, s. 16 & s. 98)

TEKNOLOGISKE UTFORDRINGER SOM GJENSTÅR

Selv om selvkjørende biler allerede testes på veiene, gjenstår det fortsatt utvikling før de er fullstendig klare til å ferdes i trafikken. Det er to utfordringer som gjør det spesielt vanskelig:

VÆR OG FØRE

Om vinteren er kjøreforholdene i Norge utfordrende, også for mennesker. Selvkjørende biler er først og fremst testet og utviklet i områder med pent og klart vær. Ved snø, regn og is får bilene utfordringer både med å se godt nok og å manøvrere. Utviklere arbeider med å løse problemene. Ford har utviklet kamerasytem som kan orientere seg etter andre kjennetegn når veimerkingene er dekket med snø.²⁵ Lidar-sensorer får spesielt problemer med nedbør, men forskere har utviklet algoritmer som kan skille ut støy fra nedbør.²⁶ Waymo har kommet spesielt langt med å bruke kunstig intelligens for å se klart selv om vær og føre er dårlig.²⁷

Radar-sensorene som kartlegger objekter i bevegelse blir dessuten ikke påvirket av nedbør. Det har også blitt gjort forsøk med bakkepenetrerende radar-sensorer, som kan kjenne igjen hvor de befinner seg, basert på særegne «fingeravtrykk» under asfalten. Dette gjør at det kan være mulig for biler å vite hvor de befinner seg på veiene når sikten fremover er dårlig.²⁸

I Norge jobber forskere ved Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) med å utvikle kjøretøy som kan fungere under vinterforhold.²⁹ For å få et selvkjørende kjøretøy til å fungere i vanskelige værforhold, kan man sammenstille informasjon fra flere typer sensorer. Når man også sammenlikner med et kart kan man være sikrere på hva man ser.

²⁵ Wired (2016a)

²⁶ Quarts (2016, 14.mars)

²⁷ Dolgov, D. (2018, 8.mai)

²⁸ MIT (2016)

²⁹ FFI (2016)

Vintertesting

Waymo starter testing på vinterføre

I oktober annonserte Waymo at de kom til å starte testingen av selvkjørende biler på vinterføre. Testingen vil foregå i staten Michigan hvor Google i 2016 bygde et utviklingssenter på 53 000kvm. Det er også her hovedparten av USAs bilindustri holder til, og været har mange likhetstrekk med det norske; snø, is, slaps og regn.³⁰

Utvikling og testing av ITS-løsninger på krevende vintervei

Gjennom forsknings- og utviklingsprosjektet Borealis blir en 40 kilometer lang vei langs E8 i Skibotndalen til et nasjonalt testlaboratorium for ny teknologi. Her tester og utvikler Statens vegvesen intelligente transportsystem (ITS). Eksempler på ITS-teknologi er sanntidsinformasjon om vær, føreforhold og trafikkuhell, automatisk skanning av kjøretøyets bremses og varsel om dyr eller andre hinder i veibanen.³¹ Prosjektet har også som mål å teste selvkjørende biler. Disse testene blir på et eget testområde og innenfor en avgrenset tidsperiode.

UNNTAKSTILFELLER

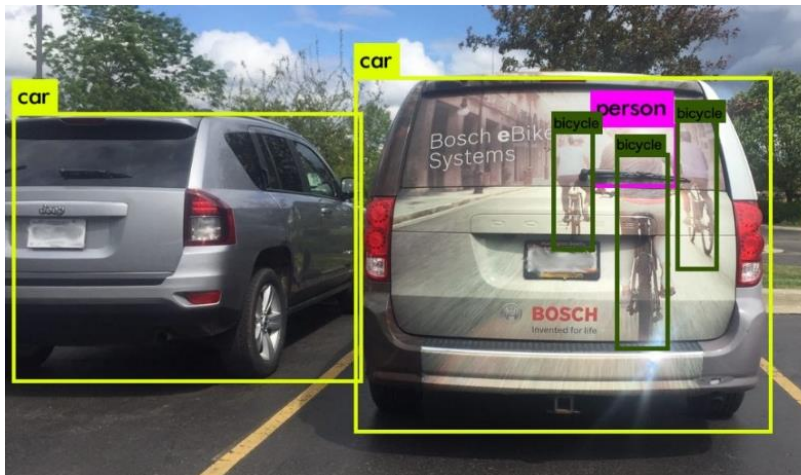
Det meste som skjer i trafikken følger forutsigbare regler, og er relativt enkelt for en maskin å kunne gjennomføre. Men enhver sjåfør utsettes i løpet av en tur også for uforutsigbare hendelser som krever improvisering. Det er nærmest umulig å forhåndsprogrammere alle situasjoner som kan oppstå i trafikken, noe som gjør at utviklingen av selvkjørende teknologi tar tid. Unntakstilfellene kan kategoriseres i to:

Identifisering av objekter: Bilen er nødt til å kunne skille mellom hvilke objekter det er viktig å ta hensyn til og ikke. Selv om metoder for bildegjenkjenning begynner å bli bedre, kan det allikevel oppstå situasjoner hvor maskinen ikke klarer å identifisere et objekt. En maskin kan være trent opp til å klassifisere hvordan et menneske ser ut. Dersom en person for eksempel bærer en eske eller triller en sykkel, kan det hende at bilens system ikke klarer å se at også dette er et menneske.

³¹ Krafcik, J. (2017)

³¹ Statens vegvesen (2017)

Uforutsigbar oppførsel: Bilen er nødt til å fungere i samspill med mennesker. Det betyr at den må kunne forutse hvordan en syklist eller et barn vil oppføre seg i trafikken, og ta hensyn deretter. I tillegg kan det være biler som står feilparkert eller veiarbeid som bilen ikke er forhåndsprogrammert til å håndtere.



Bildegenkjenning er ikke feilfritt: Kameraet på denne bilen identifiserer et bilde av syklister på en annen bil som syklister i trafikken. Ved å bruke flere sensorer som også tar hensyn til avstand kan denne typen misforståelser unngås.³² (Bilde: Cognata.com)

³² Technology Review (2017)

Øving gjør mester

Siden oppstarten i 2009 har Waymo (tidligere Google) tilbakelagt 6,4 millioner kilometer med testing. I tillegg gjorde de 4 milliarder kilometer med virtuelle simuleringer bare i 2017. Formålet er å trene opp bilene til å håndtere alle de uforutsette situasjonene som kan oppstå i trafikken. En fordel med selvkjørende biler er at når én bil lærer noe nytt, kan kunnskapen deles med hele flåten.

Flere selskaper har bygget egne byer for å teste selvkjørende biler. Waymo har laget en by i fullskala som heter Castle³³, mens Ford³⁴ og Uber³⁵ har laget sine egne byer kalt Mcity og Almona. Byene har veier, rundkjøringer og lyskryss, hvor dukker, mennesker og manuelt styrte biler utsetter bilene for uventede situasjoner.

Waymo har også laget et eget digitalt miljø kalt «Carcraft» (oppkalt etter dataspillet «World of Warcraft») hvor bilene testes i digitale kopier av byene som de skal rulles ut i. 25 000 virtuelle biler kan kjøre på en gang, og simulere den samme situasjonen mer enn 100 000 ganger i løpet av en dag for å finne den optimale måten å håndtere den på. Over 20 000 forskjellige trafikksituasjoner har først blitt testet i Castle og deretter gjenskapt digitalt for å lære opp datamaskinen til å håndtere den. Enda flere scenarier har blitt hentet fra kjøring på offentlige veier.

DISSE KJØRETØYENE KOMMER PÅ VEIENE

Selvkjørende teknologi kan brukes til kjøretøy med mange ulike funksjoner – alt fra taxier til små vareleveringsroboter og gigantiske industrielle hjullastere. Her er en oversikt over en rekke kjøretøy som er i bruk eller testes i dag:

PERSONTRANSPORT

- **Privatbiler:** Høsten 2015 ble alle Tesla-modeller oppgradert med en testversjon av Autopilot som gjør at bilen kan kjøre av seg selv på landevei og motorvei.³⁶ Fullstendig selvkjørende privatbiler kan komme på sikt, men ser ut til å ligge lengre fremme i tid før de kan kjøpes på markedet.
- **Selvkjørende taxier:** Waymo har startet utprøving med selvkjørende taxier i byområder i Arizona. Dette er kjøretøy med plass til 6–8

³³ The Atlantic (2017)

³⁴ Ford (2015)

³⁹ The Drive (2017)

³⁶ Tesla.com

personer, og kan bestilles via smarttelefonen.³⁷ En rekke andre selskaper utvikler liknende konsepter, slik som Ford, Baidu og Uber.

- **Minibusser:** Små selvkjørende busser med plass til 10–12 passasjerer kan brukes som matebusser til større kollektivlinjer, eller som fleksible busstilbud i byer. Denne typen kjøretøy har blitt testet og utviklet i Europa i forbindelse med prosjektet CityMobil2.³⁸ I den sveitsiske byen Sion har en slik buss blitt testet i blandet trafikk og i gågater siden 2016, så langt uten personskader.³⁹ Også i Norge har slike busser blitt testet, og Ruter (administrasjonsselskap for kollektivtrafikken i Oslo og Akershus) planlegger å prøve ut en flåte integrert med kollektivtrafikken fra 2019-2021.⁴⁰

VARETRANSPORT

- **Vogntog:** Sammenkoblede kolonner med vogntog kan gjøre at flere vogntog kan styres av én fører. Dette kan spare kostnader i forbindelse med frakt.
- **Varelevering i by:** Selvkjørende teknologi kan til å redusere kostnader på varelevering i byer. Dette kan bestå av små roboter som kjører på fortau eller sykkelfelt, eller større varebiler.

NYTTEKJØRETØY

- **Forsvar:** Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) utvikler autonome kjøretøy som skal brukes i forbindelse med vakthold på militærbaser.⁴¹ Denne typen kjøretøy må lære å navigere og velge ruter i all slags vær og terreng.
- **Luftfart:** Avinor startet i 2018 å teste førerløse brøytebiler som skal holde landingsstriper snøfrie.⁴²
- **Industri:** I Australia har man siden 2015 brukt selvkjørende hjullastere til å frakte malm fra gruver. Disse veier i overkant av 400 tonn og reduserer driftskostnadene med 15%.⁴³

⁴¹ Waymo.com

³⁸ <http://www.citymobil2.eu/en/>

³⁹ Postbus (2017)

⁴⁰ It-avisen (2018)

⁴¹ Ffi (2016)

⁴² Avinor (2018)

⁴³ Quartz (2016)

NÅR TAR SELVKJØRENDE BILER OVER VEIENE?

Testing av selvkjørende kjøretøy ble lov på norske veier i 2018, og kan påvirke trafikken allerede i løpet av de nærmeste årene. Det kan ta lang tid før privatbiler kan være fullstendig selvkjørende, men taxi og buss i byområder kan bli tilgjengelig fortere.

Bilen ble funnet opp i 1886, men det var ikke før rundt 1930 at den ble det dominerende transportmiddelet i USA. I Norge tok privatbilismen først av i 1960, etter at bilrasjoneringen ble opphevet. I 1950 var det 65.000 privatbiler i Norge og i 1965 var tallet steget til 465.000.⁴⁴ I 1975 var det nærmere 1 million privatbiler i Norge og i 2018 var tallet 2,7 millioner.

Tidsrommet fra bilen som innovasjon til den ble den dominerende transportformen var en prosess med vekselvirkning mellom etterspørsel, politisk tilrettelegging og økonomisk vekst. Før bilen kom, var gatene delt mellom trikker, fotgjengere og hester. Bilen ble i første omgang sett på som et uønsket fremmedelement eller et useriøst leketøy, og ikke som et egnet transportmiddel til bruk i byen. Det tok flere tiår med forhandlinger før bilen fikk førsterett til gatene.⁴⁵

En annen viktig pådriver for bilens popularitet var fremveksten av forsteder. På begynnelsen av 1900-tallet fikk det å bo i by lavere status. Byene var farlige og

⁴⁴ Statens vegvesen

⁴⁵ Geels (2005)

fulle av hestemøkk. Nye boligfelt og investering i veier gjorde at bosetting kunne bli mer spredt. Dette bidro til å styrke bilens nytteverdi.

TRE RETNINGER FOR SELVKJØRENDE TRANSPORT

Overgangen fra dagens bilbaserte samfunn til utstrakt bruk av selvkjørende teknologi er potensielt like revolusjonerende. Hvor raskt en eventuell overgang til selvkjørende kjøretøy går, vil avhenge av hvordan den teknologiske utviklingen fortsetter. Samfunnsmessige faktorer vil også spille inn, slik som brukeraksept, areal- og transportplanlegging – og ikke minst hvordan politikken regulerer og tilrettelegger for bruk av nye typer kjøretøy.

Tre utviklingsretninger vil skje parallelt, men preges av ulike teknologiske og politiske faktorer:

1: Ny kollektivtransport

Selvkjørende teknologi integreres med kollektivtransport og byplanlegging



ruter.no

Nå – 5 år

Hvordan skal fremtidens transport finansieres?

2: Selvkjørende taxier

Nye taxitjenester og varelevering innen begrensede urbane områder



waymo.com

3 – 5 år

Hvem skal få lov til å levere transport i byen?

3: Selvkjørende privatbiler

Gradvis overgang fra manuell kjøring til avansert førerstøtte og autonomi



volvo.com

10 – 20 år

Når skal privatpersoner få lov til å bruke selvkjørende biler?

NY KOLLEKTIVTRANSPORT

Allerede i dag finnes en rekke prototyper på små og fleksible minibusser som kan deles. Kjøretøyene som testes i dag er saktegående og fungerer best på godt kartlagte områder og gjerne forhåndsbestemte ruter. På sikt vil vi kunne se kjøretøy som er mer fleksible og kan kjøre raskere. Nye digitale plattformer for formidling av transport og delingsøkonomi bidrar til at kollektivtransporten er i endring.

KAN GI DRASTISKE ENDRINGER I BYOMRÅDER

Små minibusser kan bestilles via en app på telefonen og gi et mer fleksibelt busstilbud. Dette kan være nyttig å bruke i forbindelse med mer trafikkerte buss- eller togruter, og dekke den første og siste kilometeren som kanskje gjør at folk heller velger å bruke bilen i dag. Når sjåførkostnadene forsvinner kan det bli økonomisk bærekraftig med denne typen transport.

Modelleringer gjort for Helsingfors og Lisboa har vist at delte minibusser og biler kombinert med kollektivtransport kan dekke mesteparten av reisene i en by og i stor grad fjerne behovet for privatbiler.⁴⁶

HVA PÅVIRKER UTVIKLINGEN:

- Konkurransen med privatbilisme: For å kunne oppnå de store fordelene som et system av delte minibusser og taxier kan gi, vil det kreve at kollektivsystemet er konkurransedyktig med privatbilisme. Dette kan kreve både gode systemer for digital koordinering mellom transportmidler, og begrensning på privatbilisme.
- Bolig- og transportplanlegging: Hvor spredt eller tett man bygger, og i hvilken grad boligbygging knyttes opp til kollektivtransport, bidrar til å bestemme behovet for at folk bruker privatbil i hverdagen.

⁴⁶ International Transport Forum (2017)

Utpøring av selvkjørende minibusser med ulike formål

Brukeraksept med Kolumbus i Stavanger

Mobilitetsleverandørselskapet Kolumbus ønsker å teste selvkjørende busser i en rute mellom eksisterende busstrasé og 4000 arbeidsplasser på Forus i Stavanger. Selve piloten skal styrke eksisterende kollektivtilbud ved å tilby transport på første og siste del av arbeidsreisen (1,3 km hver vei).⁴⁷ Piloten har fått godkjent søknaden hos Vegdirektoratet og vil starte testingen sommeren 2018.⁴⁸

Bytutvikling med Ruter i Oslo

Ruter uttalte i april 2017 at de ønsker å investere i mellom 10–50 selvkjørende busser som en del av et fremtidsrettet og helhetlig kollektivtilbud i Oslo-området.⁴⁹ Nylig skrev Ruter kontrakt med selskapet COWI, som skal sette sammen en transportmodell for Oslo Kommune og Ruters fremtidige investeringer i selvkjørende og annen transport.⁵⁰

Næringsutvikling i Kongsberg

Kongsberg Innovasjon jobber med å utvikle en testarena for selvkjørende kjøretøy. Med seg på laget har de selskapet Applied Autonomy, som skal utvikle og levere støttesystemer for den fremtidsrettede transportmåten.⁵¹ De har sendt inn søknad om å få teste selvkjørende busser i en rute gjennom byen og ut til Kongsberg Teknologipark.⁵²

Målet er å samle erfaring fra autonome kjøretøy i trafikken, og spesielt med tanke på nordisk klima. De satser på å ha den første kommersielle autonome bussen i vanlig trafikk våren 2018. Kongsberg kommune og Statens vegvesen er blant partnerne. Prosjektet er også en pilot i et EU-samarbeidsprosjekt.

Forskning for god implementering

Forskningsprosjektet SmartFeeder som eies av Jernbanedirektoratet og ledes av SINTEF følger den tidlige utpøringen av selvkjørende minibusser for å etablere kunnskap om brukerkrav og effekter, samt gi anbefalinger som sikrer en smidig og god implementering i det norske transportsystemet.⁵³

ROBOT TAXI I BYER

Det er lettere å få til fullstendig selvkjøring i et godt kartlagt område hvor bilen har blitt testet og opplært tilstrekkelig. Derfor vil de første fullstendig selvkjørende bilene brukes innenfor et bestemt geografisk område eller på en forhåndsdefinert rute.

⁴⁷ Kolumbus (2018)

⁴⁸ Sola kommune (2018)

⁴⁹ Aftenposten (2017)

⁵⁰ Ruter (2018)

⁵¹ Kongsberg innovasjon (2017)

⁵² Kongsberg innovasjon (2018)

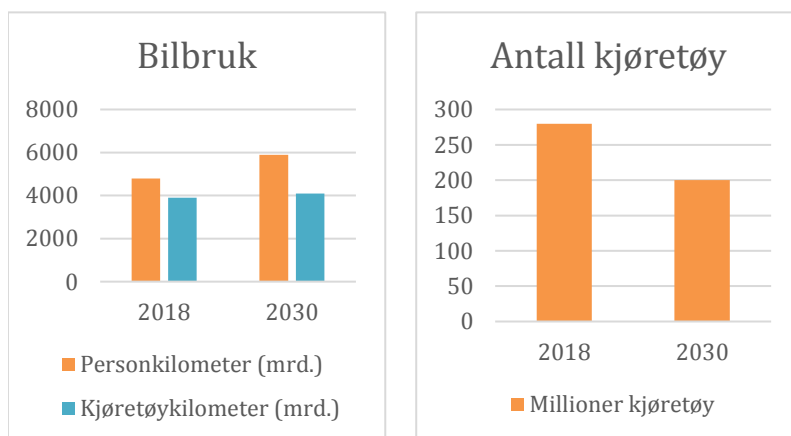
⁵³ Sintef (2018)

Ettersom teknologien fortsatt er kostbar, er det sannsynlig at denne typen biler ikke eies av enkeltpersoner, men at man heller kjøper turer enkeltvis. Dette vil etter all sannsynlighet skje i byer og tettsteder hvor markedet er stort nok til at denne typen tilbud kan være lønnsomt.

Flåteoperatører vil også ha de største insentivene til å investere i slik teknologi, fordi de har mest å tjene, i form av reduserte lønnskostnader. Sjøførlønn og sosiale kostnader utgjør omtrent 60 % av prisen på en taxitur.⁵⁴ Dermed kan taxi bli mer konkurransedyktig i forhold til å eie egen bil eller ta kollektivtransport.

FÆRRE BILER, MEN MER BILKJØRING

Deling av kjøretøy kombinert med at personlig transport blir mer tilgjengelig kan føre til at bilparken krymper, samtidig som folk kjører mer bil. Konsultentselskapet PWC beregner at så mye som 40% av alle kjørte kilometer i europeiske byområder kan foregå i delte og selvkjørende biler i 2030. Basert på denne utviklingen regner de med at samlet antall kjørte personkilometer kan øke med 23%, mens antallet kjøretøy i Europa kan synke fra 280 millioner til 200 millioner.⁵⁵ I 10 norske byer er det et mål om at privatbiltrafikken i 2030 ikke skal overstige 2016-nivået. Dette kan blant annet oppnås ved at flere deler biler.



Grafene over illustrerer hvordan et økende transportbehov kan dekkes av en mindre kjøretøypark, dersom kjøretøyene deles. Tallene er hentet fra en beregning PwC har gjort for hele EU-området.

⁵⁴ Transportøkonomisk institutt (2013, s. 10)

⁵⁵ PwC (2017)

HVA PÅVIRKER UTVIKLINGEN?

- **Lovverket:** I dag må man søke for å få lov til å benytte selvkjørende kjøretøy på norske veier. En høy vekst i selvkjørende taxitjenester forutsetter at et lovverk for alminnelig drift av selvkjørende biler kommer på plass.
- **Konkurranse med eksisterende næring:** Robottaxier vil på sikt komme i direkte konkurranse med eksisterende taxitjenester. I første omgang vil sannsynligvis denne typen tjenester leveres av utenlandske selskaper som Uber, Baidu og Waymo. Da vil det også bli et spørsmål om disse vil få lov til å konkurrere mot norske taxisjåfører.
- **Mobilitetsprising:** Færre kjøretøy på veiene kan bety at staten får lavere inntekter fra bilrelaterte avgifter. Samtidig kan digitalisering gjøre det enklere å regulere hva hvert enkelt kjøretøy skal betale for å bruke veiene. For å unngå ekstra trafikk som følge av tomme kjøretøy kan man for eksempel sette pris etter hvor mange som befinner seg i bilen.
- **Maskinen erstatter mennesket:** Selvkjørende taxitjenester avhenger av at teknologien blir moden nok til at bilene kan hente og levere passasjerer og parkere helt på egen hånd. Selvkjørende teknologi erstatter imidlertid ikke servicefunksjonen som drosjesjåfører yter. For mange kan dette fortsatt være viktig, for eksempel for brukere av tilrettelagt transport.

SELVKJØRENDE PRIVATBILER

Fullstendig automatiserte biler til salgs for privatpersoner ser ut til å fortsatt ligge langt unna. Teknologien er nødt til å fungere i alle slags værforhold og på alle veier. I tillegg må sensorer og maskinvare være billig nok til at det kan masseproduseres.

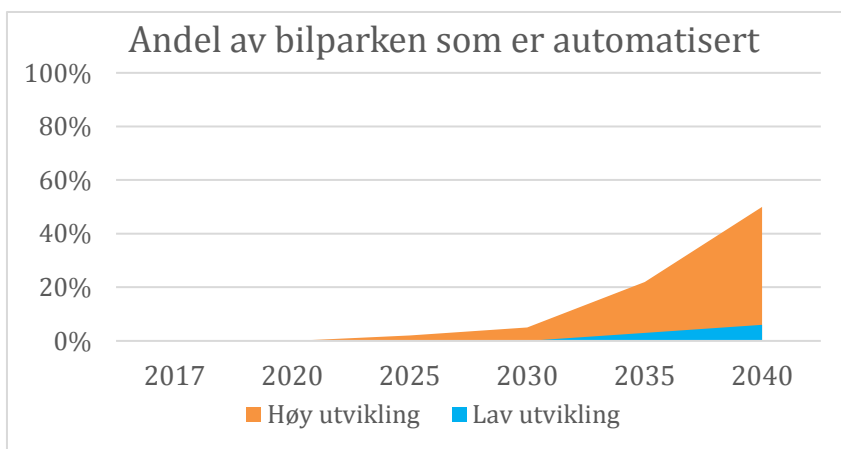
Volvo planla å la 100 privatpersoner prøve ut biler med nivå 3-automatisering i 2017 utenfor Göteborg, men har nå utsatt dette forsøket til 2021, ettersom teknologien ikke ble klar nok i tide.⁵⁶

⁵⁶ The Verge (2017)

Tesla hevder at alle bilene de selger er utstyrt slik at de kan oppgraderes til fullstendig autonomi.⁵⁷ For at dette skal fungere, tar de sjansen på at de skal klare å utvikle god nok kunstig intelligens til at kameraer skal erstatte behovet for sensorene som de fleste andre utviklere av selvkjørende teknologi bruker.

DET TAR TID FØR STORE DELER AV BILPARKEN ER SELVKJØRENDE

Bilparken i Norge er i gjennomsnitt rundt ti år gammel.⁵⁸ Det vil si at det tar tid fra ny teknologi blir tilgjengelig til den er i bruk på hele bilparken. Grafen under viser to utviklingskurver for privatbilmarkedet. Med en svært rask utvikling kan omtrent 50% av bilparken ha automatiseringsfunksjoner som tilsvarer SAE nivå 3-5 i 2040. Med en langsommere utvikling kan tallet være nærmere 5% i 2040. I et slikt høynivå-scenario regnes en svært rask vekst i andelen solgte selvkjørende biler fra 2020.



HVA PÅVIRKER UTVIKLINGEN?

- **Sikkerhet og regulering:** I dag er bruk av automatisering tilsvarende SAE nivå 3 og høyere kun tillatt som utprøving. Hvor hurtig utviklingen går avhenger av når og hvorvidt privatpersoner får lov til å eie og bruke denne teknologien.
- **Brukeraksept og etterspørsel:** For at folk skal ønske å betale ekstra for selvkjørende biler fremfor manuelt styrte biler må både nytteverdi

⁵⁷ Tesla.com

⁵⁸ SSB (2017)

og sikkerhet være tydeligere demonstrert. Alvorlige ulykker kan bidra til å dempe brukeraksepten.

PÅVIRKNING PÅ INFRASTRUKTUR

Selvkjørende kjøretøy kan prege både hvor mye vei som trengs så vel som hvordan de må bygges. Dette bør myndighetene ta hensyn til når de planlegger investeringer for fremtiden.

I Nasjonal transportplan regnes teknisk levetid på en vei som 40 år (og 70 år for jernbane).⁵⁹ Dette vil si at lønnsomheten for en investering i en vei som står ferdig i 2030 må ta høyde for hvordan behovet for denne veien er frem mot 2070.

Det er utfordrende å planlegge investeringer så langt frem i tid. Teknologi er en av faktorene som vil kunne gi størst endringer i forutsetningene for investering i infrastruktur. I tillegg til selvkjørende kjøretøy, vil også andre typer transportteknologi som droner, autonome skip og el-sykler kunne gi endringer i fremtidens behov for vei og bane. Samfunnsmessige endringer som befolkningsendring og bosettingsmønstre kan også få effekt på hvordan folk reiser.

Selvkjørende kjøretøy kan påvirke behovet for investering i infrastruktur i hovedsak på to måter:

- **Kapasitet:** Dersom biler kan kjøre tettere sammen og fordeles bedre utover veisystemet, vil det kunne romme økt trafikk uten at man bygger

⁵⁹ Meld. St. 33 (2016–2017, s. 82)

ekstra felt. På den andre siden vil økt tilgang og lavere pris føre til at etterspørselen etter veikapasitet øker.

- **Spesifikasjoner:** Selvkjørende kjøretøy kan kreve nye standarder for hvordan infrastruktur bygges, enten i form av kommunikasjonsteknologi langs veiene, eller fysiske endringer som på- og avlastingspunkter.

KAN GI BEDRE KAPASITET, MEN ØKT ETTERSPORSSEL

Flere konsepter har vist lovende muligheter for at selvkjørende kjøretøy skal kunne gi en mer effektiv trafikkavvikling: Dersom kjøretøy kommuniserer med hverandre kan de flette kontinuerlig i lyskryss, slik at køene reduseres.⁶⁰ Forsøk gjøres også med flåtestyring, såkalt «platooning» hvor kommuniserende biler kan pakkes langt tettere sammen på motorveien.⁶¹

Modelleringer tyder på at en høy andel selvkjørende kjøretøy kan gi store økninger i kapasitet. En studie gjort for det britiske samferdselsdepartementet anslår at 100 % selvkjørende kjøretøy kan gi en økning i kapasitet på 67 % på motorvei.⁶² En annen modell viser at kapasiteten kan økes med så mye som 80 % på motorvei, og opptil 40 % i bytrafikk.⁶³

I saktegående bytrafikk kan selvkjørende kjøretøy også bidra til bedre trafikkflyt, og dermed kortere reisetid. Dette skyldes at automatiserte kjøretøy kan holde jevnere avstand og fart, og unngå rykkete kjøring og unødvendige stopp. Denne typen effekter kan oppnås også ved at manuelt styrte kjøretøy har automatisk fartstilpassing i saktegående trafikk.⁶⁴

STØRST KAPASITETSUTFORDRINGER I BYOMRÅDER

De største investeringene i Nasjonal transportplan er for veiprosjekter mellom byene. Investeringene i denne typen strekninger gjøres med hensyn til å øke fremkommeligheten. De største utfordringene med kapasitet i Norge er på veier i byområder i rushtid.⁶⁵ I den grad det investeres i veiprosjekter for å gi utvidet

⁶⁰ Senseable.com

⁶¹ Wikipedia

⁶² gov.uk (2017, s.24)

⁶³ Friedrich (2016)

⁶⁴ technologyreview.com (2017)

⁶⁵ Meld. St. 33 (2016–2017, s. 59)

kapasitet, kan en stor andel av selvkjørende kjøretøy gjøre slike investeringer overflødige i et 40-årsperspektiv.

Selv om selvkjørende kjøretøy kan bidra til bedre kapasitetsutnyttelse, kan nettoeffekten av teknologien bety økt kapasitetsbruk. Indusert trafikk er et begrep som brukes i transportforskning for å vise til at økt veikapasitet som regel gir mer etterspørsel etter bilkjøring, og dermed økt trafikk.⁶⁶ På samme måte kan bedret kapasitetsutnyttelse ved hjelp av selvkjørende kjøretøy kan vise seg å føre til mer bilkjøring.

EN REKKE FAKTORER TALER FOR ØKT TRAFIKK

En oversiktsrapport fra Transportøkonomisk institutt viser at selvkjørende kjøretøy og tilknyttede teknologier utløser en rekke faktorer som taler for økt trafikkmengde:

Mer trafikk ⁶⁷	Mindre trafikk
• Flere kan kjøre bil: Gamle, unge, personer uten sertifikat • Kan føre til at tomme biler kjører i gatene • Ulempene med bilkjøring reduseres ettersom man kan bruke tiden i bilen på andre ting • Kan gi mer spredt bosetting ettersom folk godtar lengre reisevei til og fra arbeid • Det kan bli billigere å ta taxi	• Bilene kan kjøre tettere sammen og bruke mindre plass på veien • Trafikkflyt kan forbedres ved at bilene er automatiserte og kommuniserer sammen⁶⁸ • Bilene kan deles av flere eller brukes som støtte til kollektivtransport

⁶⁶ Transportøkonomisk institutt (2017a)

⁶⁷ Transportøkonomisk institutt (2017b)

⁶⁸ gov.uk (2017)

INFRASTRUKTUREN KAN OPPGRADERES PÅ SIKT

En helt ny infrastruktur er ikke en forutsetning for at selvkjørende biler skal kunne fungere. Selvkjørende biler lages for å fungere i vanlig trafikk og på vanlige veier. Dette er svært teknologisk krevende å få til, men det betyr også at det ikke vil være behov for helt nye typer veier når teknologien er klar.

Gode veier, med tydelig merking og bra skilting vil alltid være en fordel, enten det er en datamaskin eller et menneske som kjører bilen. I tillegg kan innføringen av selvkjørende kjøretøy hjelpes av noen endringer:

- **Fysiske endringer:** Det vil kunne være behov for nye på- og avlastingspunkter for selvkjørende taxier og busser. I tillegg kan det tenkes at nødhavner hvor en selvkjørende bil kan stoppe trygt kan være nødvendig langs motorveier.
- **Digital infrastruktur:** Dersom bilene skal kommunisere med hverandre og veien (C-ITS), vil det kreves installering av sendere og sensorer langs veikanten. Men selvkjørende biler er ikke nødvendigvis avhengig av kontinuerlig nettilgang for å fungere. Det er mulig å lage selvkjørende biler som fungerer uten internett-tilkobling, noe som også vil kunne være en fordel med tanke på fare for hacking. Likevel vil det stadig være behov for internett langs veiene for underholdning og kommunikasjon.

Selvkjørende kjøretøy vil rulles ut i gradvis større områder. Det vil være hensiktsmessig å bruke utprøvingen til å vurdere på sikt hvilke nye krav som eventuelt stilles til bygging av infrastruktur.

SIKKERHET, ANSVAR OG PERSONVERN

Trafikken digitaliseres og bilen blir en del av tingenes internett. Vi legger fra oss flere spor på veien, faren for hacking øker og ansvaret blir delt mellom menneske og maskin. Det bør tas i betraktning når vi planlegger fremtidens transportsystem og innføringen av selvkjørende kjøretøy.

Den potensielle sikkerhetsfordelen ved selvkjørende biler er basert på antakelsen om at ca. 90% av dagens trafikkulykker skyldes menneskelig svikt.⁶⁹ Mennesker sovner bak rattet, kjører i ruspåvirket tilstand, bruker smarttelefonen eller gjør andre ting enn å følge med på veien. Selvkjørende biler vil la passasjerene både tekste og hvile uten å sette noen i fare. Samtidig oppstår det nye utfordringer når skillet mellom menneske og maskin blir uklart.

Selv om selvkjørende biler teknisk sett blir klare for veiene, så er det mye som må på plass før de faktisk slipper til. I dag finnes det ikke et permanent lovverk for selvkjørende kjøretøy, og det finnes heller ingen retningslinjer for etiske vurderinger som må tas når bilens reaksjon på ulike situasjoner skal forhåndsprogrammeres samt ta i bruk maskinlæring.

⁶⁹ Jenssen G.D. (2017)

Selvkjørende biler er på vei og vi må sette trafikksikkerhet, cybersikkerhet, personvern og etiske utfordringer på agendaen.

LOV Å TESTE PÅ NORSKE VEIER

I Norge ble «Lov om utprøving av selvkjørende kjøretøy»⁷⁰ trådte i kraft i 1. januar 2018. Loven tillater utprøving av selvkjørende kjøretøy i vanlig trafikk, i visse tilfeller uten at en ansvarlig sjåfør er tilstede i kjøretøyet. Formålet med loven er «å avdekke hvilke effekter selvkjørende kjøretøy kan ha for trafikksikkerhet, effektivitet i trafikkavviklingen, mobilitet og miljø.»

«Med selvkjørende kjøretøy menes et kjøretøy som er utrustet med et teknisk system som automatisk fører kjøretøyet og som har kontroll over kjøringen. Selvkjørende kjøretøy omfatter kjøretøy der en fører kan overlate kjøringen til det tekniske systemet som automatisk fører kjøretøyet, og kjøretøy som er konstruert for å kjøre uten fører.»⁷¹

En virksomhet eller person som vil prøve ut selvkjørende kjøretøy må søke om tillatelse for et testprosjekt i en begrenset tidsperiode. Vegtrafikkloven vil vanligvis ikke tillate bruk av selvkjørende biler, ettersom den krever at føreren følger med på veien til enhver tid.⁷² Dermed vil det på sikt kreves endringer i selve vegtrafikkloven dersom selvkjørende biler skal bli generelt tillatt.

I dag er det Vegdirektoratet som kan gi tillatelse til å prøve ut selvkjørende kjøretøy. Direktoratet skal godkjenne søknadene og kontrollere at utprøvingene gjennomføres etter gjeldende regelverk og tillatelsen.

⁷⁰ Lov om utprøving av selvkjørende kjøretøy (2017)

⁷¹ Lov om utprøving av selvkjørende kjøretøy (2017, §2)

⁷² Lov om vegtrafikk (1965, §6)

Den første dødsulykken

I mars 2018 ble en fotgjenger påkjørt av en av Ubers selvkjørende biler, og døde som følge av skadene. Dette ble den første dødsulykken forårsaket av en selvkjørende bil, og førte til at flere selskaper satte testene sine på pause.

Ulykken intraff fordi bilens selvkjørende system ikke reagerte på kvinnen som kom gående ut fra et mørkt område, midt i veibanen. Sensorene oppfattet kvinnen, men programvaren oppfattet henne ikke som en hindring som den trengte å stoppe for⁷³. Sikkerhetssjåføren fikk for kort tid til å overta styringen og Uber-ulykken ble et faktum⁷⁴. Guvernøren i Arizona, som tidligere hadde vært positivt innstilt til testingen, ga Uber forbud mot testing etter ulykken. Uber stanset selv testkjøringen i flere delstater, inkludert Arizona, men selv om selskapet skulle ønske å gjenoppta testkjøringen i Arizona, vil guvernørens beslutning hindre det.⁷⁵

Ulykken har reist spørsmål om USA har vært for lite restriktive til testing av selvkjørende biler.⁷⁶ Det jobbes for tiden med en lov i Washington DC⁷⁷, som skal sørge for føderale sikkerhetsstandarter for testing av selvkjørende kjøretøy. Ideen med loven var å forenkle det regulatoriske for å fremme innovasjon, men i lys av ulykken vil det nå heller bli innstramminger i regelverket.

Slike hendelser kan være en potensiell stopper for selvkjørende biler. Folks holdninger til teknologien, og eventuelle politiske reguleringer, vil i stor grad avhenge av utfallet av etterforskningen. Her vil også media kunne spille en stor rolle med tanke på hvordan den påvirker opinionen.

Familien til kvinnen inngikk et forlik med Uber.⁷⁸

AVANSERT FØRERSTØTTE SKAPER UTFORDRINGER

Ny teknologi i kjøretøy og infrastruktur forventes å bidra vesentlig til reduksjon i drepte og hardt skadde. Den teknologiske utviklingen fører imidlertid også til nye utfordringer, eksempelvis økt distraksjon av fører.⁷⁹

Biler med avanserte førerstøttesystemer som tilsvarende nivå 3 begynner å komme på markedet for privatbiler. En bil på nivå 3 kan være fullstendig automatisert over lang tid, for eksempel på motorvei eller landevei. Samtidig krever systemet

⁷³ Arstechnica (2018)

⁷⁴ Wired (2018a)

⁷⁵ NRK (2018)

⁷⁶ Economist (2018)

⁷⁷ House of Representatives (2017; 25.juli)

⁷⁸ The Independent (2018)

⁷⁹ St. Meld. 33

at føreren tar over når situasjonen endrer seg, for eksempel hvis man kjører inn i en by eller tettsted.

Tesla har allerede lansert sitt produkt Autopilot i testversjon, men også selskaper som Volvo⁸⁰ og Mercedes⁸¹ har planer om å lansere denne typen funksjoner. Autopiloten til Tesla krever at føreren til enhver tid må følge med på veien.

Det er viktig å presisere at avanserte førerstøttesystemer ikke er det samme som en selvkjørende bil. De omfattes derfor heller ikke av testlovgivningen, men av vegtrafikkloven. Ved bruk av denne funksjonen er føreren selv ansvarlig for å følge med på veien til enhver tid og ta over styringen ved behov. Dette er i henhold til vegtrafikklovens regelverk om at føreren til enhver tid skal ha herredømme over kjøretøyet.⁸²

TESTER GRENSER

Mange utnytter avanserte førerstøttesystemer til å gjøre andre ting som å sitte på mobilen eller sove. I USA er det registrert to dødsulykker hvor føreren har overlatt styringen til Teslas Autopilot. I den første ulykken i 2016 ble føreren varslet flere ganger om å ta over styringen før bilen kolliderte inn i et vogntog.⁸³ I det andre tilfellet hadde føreren hendene av rattet i 6 sekunder, før bilen kolliderte i en midtdeler.⁸⁴

I en rapport om ulykken i 2016 fra den amerikanske etaten for trafikksikkerhet, NHTSA, fremkom det at Tesla sin Autopilot ikke var skyld i ulykken, og at Teslas sikkerhetssystem dessuten fører til sikrere trafikk.⁸⁵

⁸⁰ Volvocars.com

⁸¹ Mercedes-benz.com

⁸² Vegtrafikkloven (1965, § 3)

⁸³ Wired (2016)

⁸⁴ The Guardian (2018)

⁸⁵ NHTSA, 2017

I den nyeste produktoppdateringen til Teslas Autopilot er det lagt inn et sikkerhetstiltak som gjør at føreren bare kan ta hendene av rattet en gitt tid. Hvis ikke vil bilen svinge av veien og stoppe. Men det ser ikke ut til å hindre personer som ønsker å tøye grensene. På internett kan man kan finne tips om hvordan man kan lure systemet til å tro at man har hendene på rattet.

Say goodbye to "hands on steering wheel" prompts, while using auto-pilot, with this affordable hack 🙌👉👈🙌



Bildet er hentet fra: ca.pressfrom.com⁸⁶

MENNESKE OG MASKIN

Førerstøttesystemene blir stadig mer avanserte, og vi ser en overgang fra at teknologien støtter føreren til at føreren støtter teknologien. Samtidig er det åpnet opp for å teste selvkjørende biler på norske veier allerede i år. Trafikkbildet vil da bli en blanding av både førerstyrte og selvkjørende biler, inntil teknologien er klar for at alle kjøretøy kan kjøre av seg selv. Dette vil skape nye utfordringer for føreren både når det gjelder å forholde seg til ny teknologi, samhandling med selvkjørende kjøretøy, og ikke minst vekslingen mellom autonom og manuell styring.⁸⁷

Førerens forståelse av trafikkbildet og situasjonen, når bilen styres autonomt, er mye lavere enn når føreren styrer bilen selv.⁸⁸ Studier gjort med bilsimulatorene viser at førere trenger 15–40 sekunder fra de blir varslet til de har kontroll over et selvkjørende kjøretøy.⁸⁹ Dette fenomenet er kjent fra flybransjen, hvor

⁸⁶ Press from (2018)

⁸⁷ Trafikkforum (2018)

⁸⁸ Financial Times (2018)

⁸⁹ Merat m.fl. (2014)

enkelte ulykker har skjedd når piloten har stolt for mye på at maskinen har kontroll.⁹⁰

Etter hvert som førerstøttesystemene blir bedre, føler føreren seg mer trygg og beveger oppmerksomheten sin over på andre aktiviteter (snakke med andre passasjerer, styre musikken eller sitte på mobilen). Det kan bli lett å stole for mye på systemet. Dette kan være problematisk for sikkerheten, ettersom det kan være vanskelig å ta over styringen etter å ha hatt tankene og synet av veien over lang tid.⁹¹

MASKINER KAN VÆRE TRYGGERE ENN SJÅFØRER

Bilers sikkerhet avhenger i dag av menneskets egen kjøreevne med støtte fra ulike førerstøttesystemer (som ABS, cruisekontroll osv.). Selvkjørende biler vil kun basere seg på maskinenes systemer og kapasitet. Avhengig av automasjonsgraden vil tekniske systemer erstatte menneskers oppfatning, erfaring, bedømmelse og kapasitet til å reagere. Både de potensielle sikkerhetsfordelene og risikoene ved å øke automatiseringsgraden av bilene vil variere ut i fra de ulike styrkene og svakhetene hos mennesker og maskin.

Maskiner kan for eksempel kunne få problemer med å reagere på ukjente situasjoner og forutse bevegelsen til et barn. Til sammenligning kan mennesker være uoppmerksomme, samt feilbedømme avstand og fart dårlig, og øynene kan kun se et begrenset område. Teknologien har likevel en begrenset oppfatning sammenlignet med mennesker. Derfor må en selvkjørende bil utstyres med flere forskjellige sensorer og trenes opp gjennom millioner av simuleringer.

Hacking og sensormanipulasjon vil være et reelt problem ved bruk av selvkjørende kjøretøy, og det er viktig å tenke sikkerhet gjennom hele systemets oppbygging.

HACKING

Hacking er allerede en trussel på dagens veier. Alle biler med «smarte» systemer er i utgangspunktet sårbare. Med blant annet wifi, mobil, bluetooth, apper

⁹⁰ Endsley (2016)

⁹¹ Jenssen G. D. (2017, s. 198)

DAB, mediefiler som importeres over USB, ekstern diagnostikk, telematikk med mer, finnes det mange innganger for et eventuelt angrep.⁹²

Ved å få tilgang til underholdningssystemet i en Jeep demonstrerte to amerikanske forskere i 2015 hvordan de kunne ta over styringen av bilen via internett.⁹³ Resultatet ble dramatisk: Hackerne fikk først kontroll over klimaanlegget, vindusviskere og stereoanlegget. Deretter slo de av motoren, slik at bilen stoppet av seg selv. Føreren kunne ikke kontrollere dette, og kunne ikke en gang bremse.

Flere bilprodusenter trakk tilbake og oppdaterte programvaren til millioner av biler etter at denne sårbarheten ble demonstrert⁹⁴ og i juli 2016 uttalte General Motors at det å beskytte biler mot cyberangrep må være et offentlig sikkerhets-hensyn.⁹⁵

Når ulike typer kjøretøy blir selvkjørende, vil de i tillegg til de vanlige systemene ha flere sensorer og kameraer. Dersom selvkjørende biler eller busser skal koordineres som en tjeneste, må de også være på nett, noe som gjør enheten mer sårbar.

Waymo har valgt at bilen ikke skal kommunisere med omverdenen for å navigere, blant annet for å sikre den mot hacking.⁹⁶ Ved å lagre all kartinformasjon lokalt kan en selvkjørende bil i prinsippet fungere fullstendig offline, uten å sende eller ta imot signaler fra omverdenen som sier hvor den befinner seg.

Kryptert kommunikasjon og autentisering kan være en løsning på å sikre seg mot uautoriserte kommandoer.

SENSORMANIPULASJON

Selvkjørende biler tar i bruk maskinlæringsmodeller for bildegjenkjenning for å manøvrere i trafikken. Sensormanipulasjon kan få kjøretøyet til å kolliderer, lure enheten til å dra et annet sted, eller gi feil virkelighetsoppfatning. Noen varianter kan være å gi falske GPS-, Lidar- eller radarsignaler eller forfalske reflekterende signaler. Bilene kan blant annet lures med en slags optisk illusjon til å gjøre feil. Ved å legge til støy i bilder, som ikke synes med det blotte øye,

⁹² NHTSA (2016, oktober)

⁹³ IOActive (2015)

⁹⁴ MIT Technology Review (2017)

⁹⁵ MIT Technology Review (2016)

⁹⁶ Financial Times (2017)

kan maskinlæringsmodeller lures til å klassifisere feil. Et bilde som viser en panda har for eksempel blitt klassifisert som en ape ved å legge til usynlig støy i bildet. Bilder med slik støy kan skrives ut på vanlig papir og fremdeles klare å lure algoritmene.⁹⁷

Slike angrep kan få minst like dramatiske konsekvenser som fysisk hacking av systemet. Algoritmer kan læres opp til å tolke bilder av trafikkskilt feil ved å tilføre slik støy, f.eks. tolke et fartsgrenseskilt som viser 50 km/t som 150 km/t. Hvis man skriver ut det falske bildet og limer det på vanlige trafikkskilt, vil ikke autonome kjøretøy oppdage at det er falskt, og dermed kjøre i 150 km/t istedenfor 50 km/t. Det er også mulig for hackere å bruke billig utstyr som kan lure en Lidar til å tro at det er mennesker eller andre kjøretøy i veien, men som i virkeligheten bare er falske ekkoer.⁹⁸

Man kan sikre seg mot sensormanipulasjon ved å ta i bruk metoder som håndterer uventete sensorverdier og ved å se informasjonen fra flere sensorer i sammenheng.

BILEN SOM MORALSK AKTØR

Det er flere valg som må tas når bilens reaksjon på ulike situasjoner skal forhåndsprogrammeres. De selvkjørende bilene skal handle overens med lover, regler og menneskelige verdier. Bilene skal ferdes i blandet trafikk med ulike trafikkgrupper. De vil kunne møte etiske dilemmaer som de må programmeres på forhånd til å håndtere.

Et mye diskutert spørsmål er hva en selvkjørende bil skal gjøre dersom den blir utsatt for en uunngåelig ulykke hvor den må velge mellom to ulike utfall. Dette kan for eksempel være at den er nødt til å velge mellom enten å kjøre på to eldre eller to unge personer, eller å velge mellom å kjøre på en tilfeldig fotgjenger eller å kjøre utfor et stup og dermed ta livet av passasjerer.

I en vanlig bilulykke er det oftest tilfeldig hvem som blir skadet, mens når det gjelder selvkjørende biler må valget tilsynelatende tas på forhånd. Derfor blir spørsmålet om hvilken etikk som skal følges tydeligere.

⁹⁷ Teknologirådet (2018)

⁹⁸ Spectrum (2015)

Etiske retningslinjer i Tyskland

I Tyskland har myndighetene vedtatt 20 etiske regler for selvkjørende trafikk.⁹⁹ Reglene innebærer blant annet at mennesker alltid skal beskyttes fremfor dyr eller eiendeler. Dersom bilen kommer i en situasjon der mennesker vil kunne bli skadet, er det ikke lov for programvaren å forskjellsbehandle mennesker basert på karakteristika som alder, kjønn, fysisk eller mental tilstand.

En selvkjørende bil vil ikke kjøre over fartsgrensen, bli distraheret av mobilen, eller kjøre i ruspåvirket tilstand. Den vil alltid overholde avstanden på motorvei og ikke parkere ulovlig. Selv om ulykker vil kunne skje, er det mer sannsynlig at de skjer grunnet teknisk eller menneskelig svikt, uten moralske dilemmaer. Likevel kan det være nyttig med rammeverk som legger regler for etiske og ansvarsmessige forhold, slik det er gjort i Tyskland, ettersom dette kan gi forutsigbarhet for alle involverte parter.

Sporvognsproblemet

Sporvognsproblemet er et abstrakt, etisk dilemma, hvor man ser for seg at en trikk er på vei til å kjøre over fem personer som ligger fastbundet til skinnene. På et spor ved siden av ligger én person bundet fast. Ved å bruke en sporveksler kan du sende trikken over til det andre sporet, og redde fem personer. Samtidig vil du da ha grepet aktivt inn og tatt livet av den andre personen. Er det riktig å gripe aktivt inn og dermed involvere seg i ulykken for å redde flest mulige liv? Det finnes mange ulike varianter av dette problemet. I et eksempel er spørsmålet om du vil velge å skubbe en person ned fra en gangbro for å stoppe trikken, før den treffer de fem personene som ligger fastbundet. Utfallet ville vært det samme, men handlingen mer aktiv.¹⁰⁰

I en studie gjort ved Princeton University ble testpersoner bedt om å ta stilling til disse dilemmaene mens de var tilkoblet en hjernescanner. Resultatene viste at testpersonene syntes det var langt vanskeligere å ta stilling til å skubbe en person fysisk foran toget enn å skulle bruke en bryter.¹⁰¹

⁹⁹ Bmvi (2017)

¹⁰⁰ Store Norske Leksikon (2017)

¹⁰¹ Princeton (2001)

MIT Moral Machine¹⁰²

Forskere ved Massachusetts Institute of Technology (MIT) har utviklet en nettside hvor du selv kan prøve å ta stilling til dilemmaer som en selvkjørende bil kan bli utsatt for. Et dataspill lar deg velge hva du foretrekker av to ulike utfall. Ville du for eksempel valgt å spare livet til en hjemløs person som krysset veien på rødt lys, eller to eldre personer som satt i bilen? Eller hva med to idrettsutøvere som sto i veien for en bil hvor det satt tre kriminelle?

TANKEEKSPERIMENTET ER VANSKELIG I PRAKSIS

Tanken om at en selvkjørende bil skal ta denne typen beslutninger i trafikken kan være skremmende og ubehagelig både for mennesker i trafikken og de som sitter i de selvkjørende bilene. En talsmann for Mercedes møtte kritikk for å uttale at bilprodusenten til enhver tid ville prioritere livet til den som sitter i bilen, fremfor andre trafikanter.¹⁰³ Dette gjorde at mange fryktet at Mercedes ville slippe løs livsfarlige biler i trafikken.

Det vil være problematisk dersom de som programmerer bilene skal ta etiske valg som går utover samfunnet. Rent teoretisk kan det være mulig at biler med ansiktsgjenkjenning vil kunne ta beslutninger basert på hvem som befinner seg i trafikken. Dette er allikevel noe som ligger langt unna å kunne gjennomføres teknologisk, og som sannsynligvis heller ikke vil la seg gjøre grunnet hensyn til personvern.

Kritikere^{104 105} av det etiske dilemmaet fremhever at følgende problemstilling er nærliggende: Å sørge for at selvkjørende biler introduseres på en måte som gjør at de bidrar til en sikrere trafikk enn vi har i dag. Dette innebærer først og fremst at man ikke setter biler på veiene uten å være sikker på hvilken evne de har til å håndtere vanskelige situasjoner.

¹⁰² <http://moralmachine.mit.edu/>

¹⁰³ Fortune (2016)

¹⁰⁴ The Atlantic (2018)

¹⁰⁵ Johansson & Nilsson (2016)

ANSVAR

Selv om et av argumentene for selvkjørende biler er bedre sikkerhet, så vil det oppstå ulykker. Hvem skal stå juridisk ansvarlig når en selvkjørende bil forårsaker en ulykke?

I følge det norske testlovverket skal det i søknaden og tillatelsen utpekes en fysisk person som skal være ansvarlig for at utprøvingen gjennomføres etter gjeldende bestemmelser og i henhold til fastsatte vilkår. Herunder må vedkommende særlig påse at sikkerheten er ivaretatt under kjøring hvor utprøvingen med selvkjørende kjøretøy skjer uten en ansvarlig fører.

Det forutsettes også at kjøretøy som skal benyttes ved utprøving forsikres iht. gjeldende rett, og at de som vil gjennomføre utprøving, i samarbeid med forsikringsselskapene, selv vurderer hensiktsmessige avtaler om forsikring av aktuelle kjøretøy.¹⁰⁶

NY ANSVARSFORDELING

I følge våre analyser vil vi om kort tid se innslag av selvkjørende kjøretøy i kollektivtrafikken og i form av taxier, det vil ta noe lenger tid før vi får private selvkjørende biler. Dette vil gi et helt nytt trafikkbilde og rollen som fører vil endres. Hvem har ansvaret dersom en ulykke oppstår når bilen har gått fra manuelt til autonom styring, føreren eller produsenten? Og vil bilen på et tidspunkt kunne få status som fører? Internasjonalt har diskusjonen rundt ansvar allerede begynt.

I Tyskland er det bestemt at det er produsentene som har hovedansvaret under testing av selvkjørende biler og at det til enhver tid må være en person tilstede som er klar til å ta over.¹⁰⁷ Det utdypes videre at føreren har to oppgaver. Alltid være klar til å ta over kjøringen når systemet varsler. Føreren skal også være forberedt på å ta over kjøringen dersom han eller hun forstår at systemet ikke lenger går an å ta i bruk. Det vil si at føreren har ansvaret for å kun ta i bruk automatisk styring der det er tillatt. Reglene gir ikke svar på hvordan ansvaret skal fordeles dersom kjøretøyet kun kan kjøres automatisk og ikke manuelt.¹⁰⁸

I USA er det bestemt at på nivå 4-5 (der systemet klarer seg helt på egen hånd uten en menneskelig sjåfør tilstede), så kan systemet defineres som fører.¹⁰⁹ Det

¹⁰⁶ Forskrift om utprøving av selvkjørende motorvogn (2017, §5)

¹⁰⁷ Bmvi (2017)

¹⁰⁸ SOU (2018, s. 546-547)

¹⁰⁹ NHTSA (2016)

er likevel opp til hver enkelt delstat å definere ansvaret på de ulike nivåene ut i fra dette. I California er ansvaret delt opp mellom fører og et automatisk system under automatisert styring. Dette går ut på at under automatisert styring (nivå 3-5) er produsenten ansvarlig for at kjøretøyet følger trafikkreglene. I Tennessee kan systemet være førere under automatisert styring. Men på nivå 3 er imidlertid føreren alltid ansvarlig for at kjøretøyet følger trafikkreglene, selv under automatisert styring. På nivå 4-5 er produsenten ansvarlig under automatisert styring.

De ulike reguleringene har et fellestrekk, som er at de alle tar utgangspunkt i hvilket automatiseringsnivå bilen befinner seg i. Dersom selvkjørende biler skal på markedet i Norge må denne diskusjonen løftes allerede nå.

OVERVÅKING PÅ NORSKE VEIER

Vi har lenge kunnet være gjerrige på informasjon når vi har vært på reise, og vi har hatt frihet til å bevege oss anonymt. Dette er i ferd med å endres. Dersom bilene kobles sammen, vil store mengder data utveksles. Dette kan innskrenke muligheten til å ferdes anonymt. Fra å etterlate oss spor punktvis, som når vi passerer en bomstasjon, vil den nye teknologien potensielt medføre at det kan trekkes en kontinuerlig linje etter oss.

Det kan være et viktig prinsipp å skille mellom hvilke data som er nødvendige å samle inn for at reisen skal være trygg, versus informasjon som kan være verdifull å selge til tredjeparter. I tillegg kan man skille mellom informasjon bilen samler inn om omgivelsene og hvilken informasjon som samles inn om passasjerer.

DATA FRA OMVERDENEN

Selvkjørende biler vil samle inn informasjon om alt som skjer rundt dem. Selvkjørende biler og biler med avanserte førerstøttesystemer, slik som Tesla, må bruke kameraer for å orientere seg. Ved ulykker må mye av denne informasjonen lagres dersom det blir en forsikringssak eller etterforskning. Noen taxier tar allerede opp video av sikkerhetsgrunner; robottaxier vil kunne overvåke både passasjerene og omgivelsene for å beskytte seg selv.¹¹⁰

¹¹⁰ The Economist (2018)

I loven om utprøving av selvkjørende kjøretøy blir ikke bildene fra kameraene regnet som «vedvarende overvåking», og dermed heller ikke omfattet av reglene om overvåking i personopplysningsloven. Imidlertid kan et kamera på en buss eller bil som går i fast rute regnes som overvåking.¹¹¹ I Kina nektes utenlandske bedrifter å teste og utvikle selvkjørende biler, i frykt for at detaljert kartlegging og fotografering kan brukes til spionasje.¹¹²

DATA OM PASSASJERENE

I følge Gartner kan 30% av forbrukerinteraksjon med teknologi i 2018 skje via en taleassistert plattform, slik som for eksempel Amazons virtuelle assistent Alexa.¹¹³ Nvidia og Volkswagen samarbeider om muligheten for å sende kommandoer via håndbevegelser og talegjenkjenning, samt ta i bruk ansiktsgjenkjenning for å låse opp bilen.¹¹⁴ I den vedtatte utprøvingsloven er det spesifisert at lydopptak ikke vil være lov inne i kjøretøyet, med mindre det er søkt om og alle som er med på lydopptaket har gitt skriftlig samtykke.¹¹⁵

¹¹¹ Samferdselsdepartementet (2017, 16.juni)

¹¹² Financial Times (2017)

¹¹³ <https://su.org/tech-scouting-august/>

¹¹⁴ Nvidia (2018)

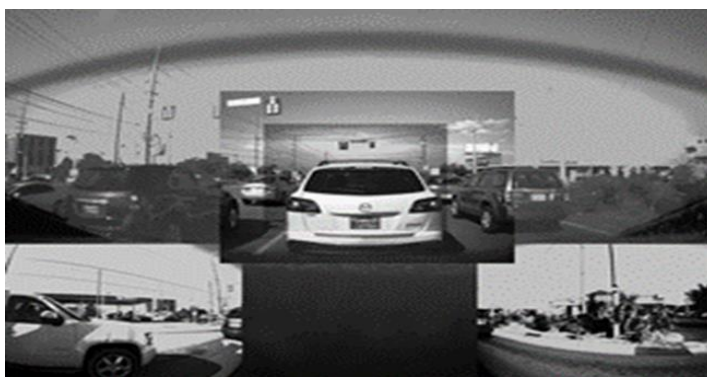
¹¹⁵ Stortinget (2017, §12, s. 4)

Tesla har rundt 80 000 kameraer på norske veier

Tesla-modeller solgt fra høsten 2016 er utstyrt med 8 kameraer, en rekke sensorer og en kraftig datamaskin. Kameraene filmer i alle retninger.¹¹⁶

I mai 2017 oppdaterte Tesla brukervilkårene sine, slik at de kan samle inn korte videosnutter fra kameraene for å trene opp programvaren til å gjenkjenne veistriper, skilt og for å utvikle Autopilot-funksjonen.¹¹⁷ Selskapet presiserer at videosnittene vil være mulig å deaktivere og at videoene ikke vil være knyttet til bilens identifikasjonsnummer. Det vil heller ikke vil være mulig å søke opp videoer knyttet til en spesifikk bil. Det vil likevel bli samlet inn mye informasjon om og rundt veiene.¹¹⁸

Det finnes i dag rundt 10 000 slike Tesla-modeller i Norge. Det vil si at det allerede finnes om lag 80 000 Tesla-kameraer på norske veier.¹¹⁹



Tesla-kameraet: Dette er bildene som de ulike kameraene på en Tesla samler inn. Kameraene sender tilbake sorthvitt-bilder. De kan sende høydefinerte bilder i farger, men sorthvitt går raskere å prosessere.¹²⁰

¹¹⁶ Tesla.com

¹¹⁷ Electrek (2017, 6.mai)

¹¹⁸ Tesla.com

¹¹⁹ Egne beregninger gjort på bakgrunn av ant. Registrerte Tesla-modeller i Norge etter september 2016 <http://teslastats.no/>

¹²⁰ Electrek (2017, 16.mai)

VEIEN FREMOVER

Selvkjørende kjøretøy vil bli en del av trafikken i løpet av de neste årene. Teknologien kan gi bedre fremkommelighet, tryggere trafikk, mer effektive og attraktive transporttjenester. Imidlertid kreves tiltak for at innføringen ikke skal få negative konsekvenser for sikkerhet, personvern og trafikkavvikling.

BEHOV FOR POLITIKK

Teknologien for selvkjørende kjøretøy har gjort et sprang de siste ti årene, og har gått fra å være umulig til å kjøre på veiene verden over. Mye av reguleringen av kjøretøy foregår på internasjonalt nivå, men lover for utprøving av selvkjørende kjøretøy har blitt utformet på nasjonalt nivå. Norge har lagt til rette for utviklingen og vedtok et testlovverk som trådte i kraft 1. januar 2018. Flere søknader har blitt godkjent og vi vil allerede i år se selvkjørende kjøretøy på norske offentlige veier.

Selvkjørende biler og digitalisering av transportsystemet har potensiale til å gi befolkningen økt mobilitet og bedre kvaliteten på transportsystemet, men vi har fortsatt begrenset kunnskap og erfaring med teknologien. Det er derfor positivt at norske myndigheter aktivt legger til rette for utprøving og evaluering. Dette for å kunne ta informerte og gode beslutninger om fremtidens transportsystem, samtidig som det kan bidra til å styrke norsk industri på området.

De første forsøkene som vil være tilgjengelig for publikum på offentlige veier i Norge vil være saktegående minibusser på relativt begrensede strekninger. På sikt kan også mer avanserte kjøretøy bli tilgjengelig. I USA har flere selskaper allerede startet testing av fullstendig selvkjørende taxier i bytrafikk. Denne typen kjøretøy kan være klar til markedet, også i Norge, kanskje allerede i løpet av de neste 3 – 5 årene.

Når teknologien når dette nivået vil den for alvor kunne påvirke trafikken. Selv om det kan ta tid før store deler av kjøretøyparken er selvkjørende, vil vi få et blandet trafikkbilde og alle typer trafikanter må forholde seg til de nye kjøretøyene.

Teknologien løper foran reguleringen. Derfor er det viktig at riktige premisser for utviklingen settes allerede nå. Med bakgrunn i teknologien slik den er beskrevet i denne rapporten, mener vi det er behov for politikkutforming på følgende områder:

- **Ansvar og sikkerhet:** For at kjøretøyene skal kunne tas i bruk mer utstrakt, trengs det et alminnelig regelverk for selvkjørende kjøretøy, hvor ansvarsforhold er tydelig definert.
- **Delvis automatisering:** Utprøving av delvis automatiserte kjøretøy skjer allerede nå, og faller utenfor dagens lovverk. Derfor bør det reguleres bedre enn i dag.
- **Personvern, data og digitale kart:** Det må utvikles en politikk for håndtering av data som selvkjørende kjøretøy samler inn og bruker. Dette angår hensyn til personvern, beredskap og konkurransevilkår.

ANSVAR OG SIKKERHET

Ifølge Vegtrafikkloven er et kjøretøy alltid nødt til å ha en fører som har full kontroll over kjøretøyet. Norge er også forpliktet av FNs lover om kjøretøy, som presiserer at en fører skal være i kontroll over kjøretøyet til enhver tid.¹²¹ Selvkjørende kjøretøy uten en fører bak rattet er forbudt etter disse definisjonene.

Selvkjørende kjøretøy kan derfor kun tas i bruk som utprøvingsprosjekter, hvor det gjøres individuelle unntak for Vegtrafikkloven. Norge var raskt ute med å få

¹²¹ Unece (1968)

vedtatt et testlovverk, som gjør at det er mulig å bruke selvkjørende kjøretøy på offentlige veier allerede i år.

For å gå fra utprøving til alminnelig bruk, behøves det nye lover. Disse lovene bør tydelig definere hvem som har ansvar ved ulykker og hvordan kjøretøyet skal forholde seg til etiske utfordringer. Muligheten for fjernstyring av kjøretøy bør begrenses, og det bør defineres standarder for hvilke veier som kan brukes av selvkjørende kjøretøy.

ARBEIDET MED ET NORSK LOVVERK MÅ STARTE NÅ

Når et lovverk for alminnelig bruk av selvkjørende kjøretøy skal utvikles, vil det være nødvendig at dette er internasjonalt harmonisert, slik at kjøretøy kan krysse grenser. Norge har signert Amsterdam-deklarasjonen¹²², som innebærer at de europeiske landene skal utvikle et harmonisert lovverk for selvkjørende og tilkoblede kjøretøy. En rekke standarder for kjøretøy reguleres også internasjonalt gjennom FN.¹²³

Selv om mye av reguleringen skjer på internasjonalt nivå, vil det også være nødvendig å gjøre endringer i det norske lovverket. Ekspertgruppen anbefaler at arbeidet med et nytt lovverk starter nå.

ANSVARET MELLOM MENNESKE OG MASKIN MÅ AVKLARES

I «Loven om utprøving av selvkjørende kjøretøy» kreves det at en ansvarlig person for testforsøket skal pekes ut. Ved en alminnelig lov må ansvaret fordeles på en annen måte og ta hensyn til de ulike automatiseringsnivåene.

I forskjellige land er det ulik praksis for hvordan man skal regulere ansvar ved en ulykke. Men det ser i hovedsak ut til at de fleste enes om at det er føreren som har ansvaret frem til og med nivå 2 og at produsentene av autonomien har ansvaret ved full automatisering på nivå 4 og 5. For nivå 3, der det veksles mellom manuell og autonom kjøring, er det større forskjeller. I enkelte stater i USA har føreren til enhver tid ansvaret, mens i andre stater er leverandøren ansvarlig dersom det skjer en ulykke når kjøretøyet er automatisert på nivå 3.¹²⁴

Teknologirådets ekspertgruppe foreslår en revisjon av vegtrafikkloven der man blant annet gjør en ansvarsfordeling basert på graden av automatisering. Frem

¹²² EU (2016, 14.april)

¹²³ <https://www.unece.org/trans/main/wp29/introduction.html>

¹²⁴ SOU 2018:16

til og med nivå 2 bør føreren til enhver tid ha ansvaret. Ved nivå 3 der automatisering er tillatt på gitte strekninger bør førere ha samme ansvar som ved nivå 0-2, men føreren bør også ha et overordnet ansvar for å påse at automatisert styring kun aktiveres på tillatte strekninger og områder. Når den automatiserte styringen slås på foreslås det at ansvaret enten ligger hos veimyndighetene eller leverandøren av autonomi-systemet. Hvem som har det endelige ansvaret her bør bero på om ulykken skjedde grunnet feil på vei/infrastruktur eller grunnet systemsvikt. Ved nivå 4 og 5 er passasjerer fratatt ansvaret. Ansvaret defineres på samme måte som ved automatisk styring på nivå 3.

	Nivå	Ekspertgruppen anbefaler følgende ansvarsfordeling
	Nivå 0 – ingen automatisering: Føreren har full kontroll til enhver tid, og ingen systemer brukes for å gripe inn.	Føreren har til enhver tid ansvaret
	Nivå 1 – førerstøtte: Føreren har full kontroll over styring eller hastighet, mens en av funksjonene automatiseres. Slik som ved adaptiv cruisekontroll.	Føreren har til enhver tid ansvaret
	Nivå 2 – delvis automatisering: Styring og hastighet er automatisert under gitte betingelser, men føreren må til enhver tid være klar til å ta over.	Føreren har til enhver tid ansvaret
	Nivå 3 – betinget automatisering: Styring og hastighet er automatisert under gitte betingelser, og føreren får varsel i god tid om å ta over når det trengs.	Ved manuell styring: Føreren har til enhver tid ansvaret. Ved automatisert styring: Veimyndighetene er ansvarlige dersom en ulykke skjer grunnet feil på vei/infrastruktur som de har godkjent for selvkjørende kjøretøy. Dersom ulykken skyldes systemsvikt, bør ansvaret tilfalle leverandøren av autonomi-systemet. Føreren har et overordnet ansvar å påse at automatisert styring kun aktiveres på tillatte strekninger og områder
	Nivå 4 – høy automatisering: Bilen har fullstendig kontroll over styring og hastighet under gitte betingelser. Dette kan for eksempel gjelde innen et begrenset geografisk område.	Veimyndighetene er ansvarlige dersom en ulykke skjer grunnet feil på vei/infrastruktur som de har godkjent for selvkjørende kjøretøy. Dersom ulykken skyldes systemsvikt, bør ansvaret tilfalle leverandøren av autonomi-systemet.
	Nivå 5 – full automatisering: Bilen har fullstendig kontroll til enhver tid, og under alle forhold. ¹²⁵	Veimyndighetene er ansvarlige dersom en ulykke skjer grunnet feil på vei/infrastruktur som de har godkjent for selvkjørende kjøretøy. Dersom ulykken skyldes systemsvikt, bør ansvaret tilfalle leverandøren av autonomi-systemet.

SELVKJØRENDE BILER MÅ IKKE DISKRIMINERE

Til forskjell fra mennesker, som vil reagere instinktivt for å unngå en plutselig ulykke, kan datamaskiner i teorien ta en rasjonell beslutning. Man kan tenke seg situasjoner hvor systemet for det selvkjørende kjøretøyet må velge mellom to ulike utfall som kan skade personer i eller utenfor kjøretøyet. Måten systemet er programmert på forhånd vil avgjøre hvilket utfall maskinen velger.

Situasjoner som dette, hvor maskinen er i stand til å gjøre en slik kalkulert vurdering vil være relativt uvanlige. Det er større sannsynlighet at ulykker skjer grunnet teknisk svikt, hvor kjøretøyet ikke foretar et etisk valg.

For sosial aksept av teknologien kan det likevel være viktig at det på forhånd er etablert noen grunnleggende prinsipper for hvilken etikk de selvkjørende kjøretøyene skal følge. Åpenhet rundt hvordan kjøretøyene er programmert til å håndtere ulykker kan gi bedre forutsigbarhet både for trafikanter og teknologileverandører. Et spesielt kontroversielt og utfordrende område for et etisk rammeverk vil være i hvilken grad kjøretøyet skal programmeres til å prioritere liv og helse til menneskene som sitter i bilen, eller de som befinner seg utenfor.

I Tyskland er det laget et etisk rammeverk, som blant annet bestemmer at kjøretøy ikke skal kunne diskriminere på bakgrunn av alder, kjønn eller annet hvis det skjer en uunngåelig ulykke.¹²⁶

Vi anbefaler at det også i Norge etableres etiske retningslinjer for hvordan selvkjørende kjøretøy skal opptre i trafikken. Et viktig etisk prinsipp bør være at kjøretøyene ikke skal kunne programmeres til å diskriminere mellom mennesker basert på alder, kjønn eller andre faktorer. Det vil her være viktig å avklare hvordan kjøretøyene skal prioritere sikkerheten til de som befinner seg i kjøretøyet og de som befinner seg utenfor.

FJERNSTYRING AV KJØRETØY MÅ BEGRENSES

Et selvkjørende kjøretøy trenger ikke å være tilkoblet et nettverk for å kunne fungere, men for bruk i trafikk vil det kunne være en fordel. For eksempel vil kjøretøyene trenge å kunne motta bestilling av turer, og varsler om trafikk og hendelser på veien.

¹²⁵ Jenssen G. D. (2017, s. 199)

¹²⁶ Bmvi (2017)

Det kan også være nødvendig å fjernstyre kjøretøyet ved uventede hendelser i veien, som kjøretøyet ikke er programmert til å håndtere, for eksempel veiarbeid. Den norske virksomheten Applied Autonomy arbeider med å utvikle kontrollsentre hvor én person kan administrere en flåte av selvkjørende kjøretøy.¹²⁷ Tilsvarende virksomheter finnes også i USA.¹²⁸

Muligheten til å styre et kjøretøy fra avstand vil være det som kan få størst konsekvenser ved et hackerangrep. Derfor anbefaler vi at muligheten til å kontrollere et kjøretøy utenfra reguleres. For å redusere mulige konsekvenser bør hastigheten for kjøretøy som fjernstyres begrenses på en slik måte at det ikke kan forvolde stor skade.

BRUK AV SELVKJØRENDE KJØRETØY SKAL KUN SKJE PÅ GODKJENTE OG TILRETTELAGTE STREKNINGER

Selvkjørende kjøretøy utvikles for å fungere på dagens veier og i sammen med fotgjengere og manuelt styrte kjøretøy. Dermed vil det ikke være nødvendig å bygge helt nye veier for å ta i bruk teknologien. Imidlertid vil veiene behøve å være av god standard. Det kan også være behov for noe tilpassing, slik som digitale skilt, eller på- og avlastingspunkter for passasjerer.

Vi anbefaler at selvkjørende kjøretøy kun tillates på strekninger og i områder, som er kvalitetssikret og godkjent av veimyndighetene til denne typen bruk. Risikoen øker ved blandet trafikk og øvrige trafikanter bør derfor gjøres oppmerksomme på at veiene deles med autonome kjøretøy, for eksempel ved hjelp av skilting.

DELVIS AUTOMATISERING

Funksjoner for delvis automatisering finnes allerede på markedet. Denne typen systemer gjør at føreren i perioder kan overlate styringen til kjøretøyet. Tesla

¹²⁷ <https://www.appliedautonomy.no/>

¹²⁸ Wired (2018b)

sitt produkt Autopilot er et eksempel, men selskaper som Volvo¹²⁹, Mercedes¹³⁰, Cadillac¹³¹ og Audi¹³² utvikler liknende funksjoner.

Delvis automatisering kan klassifiseres enten på nivå 2 eller 3 i SAEs inndeling av selvkjørende kjøretøy fra nivå 0 – 5. Nivåene beskriver både grad av automatisering og ansvarsfordeling mellom menneske og maskin. Systemer på nivå 2 regnes som avansert førerstøtte, hvor deler av styringen overlates til kjøretøyet, men føreren må følge med, og være klar til å ta over til enhver tid. På nivå 3 kan styring og ansvar for å følge med overlates til kjøretøyet, og føreren blir varslet ved behov for å ta over.

Avansert førerstøtte¹³³ brukes i hovedsak til å forbedre den eksisterende sjåførens evner, ved å gi blindsonedvarsler, adaptiv cruise control, kollisjonsadvarsler og automatisk bremsing. Noen typer avansert førerstøtte har som mål å gi bedre sikkerhet, mens systemer for delvis automatisering i hovedsak markedsføres med hensikt om bedre komfort.

Når flere av kjøreoppgavene er automatisert er det vanskelig å opprettholde konsentrasjonen. Forsøk og forskning så langt tyder på at delvis selvkjøring kan være farlig, ettersom det er vanskelig for mennesker å følge aktivt med over lang tid uten å være i aktivitet selv.¹³⁴

DELVIS AUTOMATISERING MÅ REGULERES BEDRE

Vegtrafikkloven presiserer at en bilfører til enhver tid skal ha fullt herredømme over kjøretøyet.¹³⁵ Dermed er bruk av selvkjørende funksjoner på nivå 3 ikke lov ifølge Vegtrafikkloven. Når delvis automatisering prøves ut i dag, er det med en forutsetning om at føreren følger med og er klar til å ta over styringen når som helst, altså nivå 2.

ITE, en internasjonal organisasjon for transportingeniører, anbefaler at avansert førerstøtte som bedrer sikkerhet tas i bruk på alle nye biler. Imidlertid advarer de mot delvis automatisering på nivå 2 og 3, ettersom det enda ikke er

¹²⁹ <https://www.volvocars.com/intl/buy/explore/intellisafe/autonomous-driving/drive-me>

¹³⁰ <https://www.mercedes-benz.com/en/mercedes-benz/innovation/with-intelligent-drive-more-comfort-in-road-traffic/>

¹³¹ <http://www.cadillac.com/world-of-cadillac/innovation/super-cruise>

¹³² https://www.audi.com/en/innovation/piloteddriving/piloted_driving.html

¹³³ Ofte omtalt som ADAS (Advanced driver-assistance systems)

¹³⁴ Endsley (2016)

¹³⁵ Vegtrafikkloven (1965, §6)

godt nok bevist at dette vil forbedre trafiksikkerheten. Organisasjonen anbefaler å legge til rette for at utviklingen går direkte til nivå 4.¹³⁶

Teknologirådets ekspertgruppe anbefaler at systemer for delvis automatiserte kjøretøy reguleres bedre enn i dag. I praksis faller disse systemene utenfor dagens lover, ettersom utprøving skjer på førerens eget ansvar. Nye reguleringer bør skille mellom teknologi som støtter føreren, og teknologi som støtter kjøretøyets selvkjørende egenskaper hvor føreren passiviseres i den grad at det er vanskelig å ta over styringen på kort varsel. Det er i tillegg viktig at utvikle standarder som sikrer lik opplevelse av systemene fra de ulike leverandørene.

PERSONVERN, DATA OG DIGITALE KART

Selvkjørende kjøretøy kan ses på som rullende datamaskiner. De har mange typer sensorer som er i stand til å samle inn store mengder informasjon fra omverden. For å navigere vil det være en fordel med svært detaljerte kart med 3D-scanninger av omgivelsene.

Et selvkjørende kjøretøy bruker ofte mange kameraer for å orientere seg, noe som gjør at de vil registrere informasjon om personer i omgivelsene. Det er også sannsynlig at kjøretøyene vil registrere informasjon om de som sitter inne i kjøretøyene.

De nye personvernlovene i Europa (GDPR) vil komme til å legge føringer for hvordan databehandling og personvern reguleres i Norge. Likevel er det viktig at norske myndigheter er oppmerksomme på hvor mye data selvkjørende kjøretøy har potensial til å samle inn. Dette gjelder personvern, administrering av digital infrastruktur og nasjonal sikkerhet.

SELVKJØRENDE BILER SKAL IKKE BRUKES SOM RULLENDE OVERVÅKNINGSKAMERAER

Det er allerede solgt mer enn 10 000 Tesla-modeller, som hver er utstyrt med åtte kameraer. Det vil si at omtrent 80 000 kameraer tar jevnlig opp videoklipp fra norske veier, som brukes for å utvikle selvkjørende teknologi.

¹³⁶ Institute of Transport Engineers 2018

I proposisjonen til «Lov om utprøving av selvkjørende kjøretøy» står det at kameraer festet på kjøretøy ikke vil regnes som «vedvarende eller gjentatt personovervåkning», med mindre de går i en fast rute.¹³⁷ En selvkjørende taxi som kjører turer på bestilling regnes etter denne definisjonen som vedvarende overvåking. På sikt, dersom teknologien omfavnes av mange, vil flåter av selvkjørende kjøretøy kunne utgjøre massive nettverk av overvåkningskameraer.

Vi anbefaler at norske myndigheter er spesielt oppmerksomme på hvordan sensor- og kamerainformasjon fra selvkjørende kjøretøy skal behandles og lagres. Viktige prinsipper her er dataminimering og formålsbegrensning. Data som samles inn skal aldri brukes til annet enn å styre kjøretøy og utvikle teknologien, dette for å unngå formålsglidning. Dataene må heller ikke lagres lenger enn hva som trengs ved en eventuell etterforskning av en trafikkulykke hvor det gjeldende kjøretøyet har vært involvert.

DET MÅ FORTSATT VÆRE MULIG Å FERDES PÅ NORSKE VEIER UTEN Å SPORES KONTINUERLIG

En selvkjørende bil vil vite hvor den befinner seg til enhver tid og sannsynligvis også kunne ta vare på en del av sin egen lokasjonshistorikk. Fra å etterlate oss spor punktvis, som når vi passerer en bomstasjon, vil det trekkes en kontinuerlig linje etter oss. Dette er data som kan være av interesse for flere: produsenter, forsikringsselskaper, offentlige etater og tredjeparter.

På internett har vi i praksis gått med på en forretningsmodell hvor våre persondata har blitt en valuta som kan kjøpes og selges. Skal vi ta med oss overvåkningsøkonomien også når vi reiser?

Det bør stadig være mulig å kjøre i privat modus, hvor bilen ikke tar i bruk mer informasjon om oss enn hva som er nødvendig for å levere en trygg reise.

Samtidig ser vi at riktig bruk og deling av data vil kunne komme forbrukere, produsenter og offentlige etater til gode. Det må derfor etableres klare retningslinjer for hvem som eier dataene, hvordan de skal lagres og eventuelt behandles etter at forbruker har gitt et frivillig og informert samtykke.

¹³⁷ Prop. 152 L: s. 14

TA KONTROLL OVER 3D-KART

For å få en selvkjørende bil til å fungere er det en fordel med svært detaljerte kart. Disse kartene er gjerne presise ned til noen få centimeter. Kartene består av flere lag med økende grad av detaljert informasjon: Et grunnleggende lag med informasjon om hvor veiene befinner seg. Et lag med informasjon om fartsgrenser, skilt, trafikklys, fotgjengeroverganger og liknende. Og deretter lag med bilder og tredimensjonale modeller av omgivelsene. Store private aktører, som blant andre Google, Apple, Tesla, Baidu, samler inn disse dataene og i dag har de ingen plikt til å dele disse med offentligheten.

Å ha det beste kartet vil være et konkurransefortrinn, og flere bedrifter konkurrerer om et marked som kan være svært verdifullt i fremtiden. Selskapet med flest kjøretøy på veiene vil kunne ha de mest oppdaterte kartene, og dermed også de sikreste kjøretøyene. Dette kan skape monopoliserte kartsystemer.

Kartverket og Statens Vegvesen jobber med å gjøre data om norske veier tilgjengelig, blant annet via Nasjonal vegdatabank og Geonorge. Tjenestene brukes som grunnlag for å utvikle karttjenester som Google Maps, OpenStreetMaps og en rekke andre produkter. Kartverket og Statens Vegvesen arbeider også med å lage punktsky-kart som vil bli åpent tilgjengelig for publikum, og som kan være til stor nytte for å utvikle kart for selvkjørende kjøretøy.

Selvkjørende kjøretøy vil komme til å oppdatere egne kart kontinuerlig, og samle inn mye informasjon om hvordan veiene endrer seg som følge av veiarbeid og værforhold.

For beredskapshensyn kan det være en ulempe dersom utenlandske selskaper eier den best oppdaterte og mest detaljerte informasjonen om norske veier. For trafikksikkerhet og konkurransevilkår, vil det være en fordel dersom alle selvkjørende kjøretøy har tilgang til den samme informasjonen.

Ekspertgruppen mener at norske myndigheter bør ta en aktiv rolle i administrering av kart for selvkjørende kjøretøy. For å bruke norske veier bør det være et premiss at selskapene deler informasjon som kan komme fellesskapet til gode. Med tanke på sikkerhet, bør myndighetene vurdere hvor mye av denne informasjonen som skal være tilgjengelig for allmennheten.

REFERANSER

Aftenposten (2017) Ruter: Selvkjørende busser i Oslo kan være på plass fra neste år. Hentet fra: <https://www.aftenposten.no/osloby/i/6O3nL/Ruter-Selvkjørende-busser-i-Oslo-kan-vare-pa-plass-fra-neste-ar>. Publisert: 18. april 2017

Arstechnica (2018). Report: Software bug led to death in Uber's self-driving crash. Hentet fra: <https://arstechnica.com/tech-policy/2018/05/report-software-bug-led-to-death-in-ubers-self-driving-crash/>. Publisert: 5. august 2018

Avinor (2018). Her tester Avinor førerløse brøytebiler. <https://www.fremover.no/avinor/samferdsel/broyting/her-tester-avinor-forerlose-broytebiler/s/5-17-388023>. Hentet ut: 20. mars 2018

China Law Insight (2018) King & Wood Mallesons; (av: Schaub, Mark, Atticus Zhao and Xia Shengying King & Wood Mallesons' Corporate & Securities group) China: Mapping the future. Hentet fra: <https://www.chinalawinsight.com/2018/01/articles/corporate/china-mapping-the-future/Pu>
Publisert: 5. januar 2018

Driverless car market watch - Autonomous car forecasts. Hentet fra: http://www.driverless-future.com/?page_id=384

Dolgov, J. (2018). *Google I/O Recap: Turning self-driving cars from science fiction into reality with the help of AI, I*: Medium.com. Hentet fra: <https://medium.com/waymo/google-i-o-recap-turning-self-driving-cars->

from-science-fiction-into-reality-with-the-help-of-ai-89dded40c63. Publisert 8. mai 2018

Electrek (2017, 6 mai) Tesla updates data sharing policy to include collecting video in order to 'make self-driving a reality'. Hentet fra: <https://electrek.co/2017/05/06/tesla-data-sharing-policy-collecting-video-self-driving/>. Publisert: 6. mai 2017

Electrek (2017, 16 mai). Here's what Tesla's Autopilot 2.0 can see with its 8 cameras. Hentet fra: <https://electrek.co/2017/05/16/tesla-Autopilot-2-0-can-see/>. Publisert: 16. mai 2017

Electrek (2017, 22 mai) Look inside Tesla's onboard Nvidia supercomputer for self-driving
Hentet fra: <https://electrek.co/2017/05/22/tesla-nvidia-supercomputer-self-driving-autopilot/>. Publisert: 22. mai 2017

Endsley, Mica R (2017). From Here to Autonomy. Lessons Learned From Human-Automation Research. The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society. (59) 1, 5–27. DOI: 10.1177/0018720816681350

European Commission (2017) C-ITS Platform Phase II. Hentet fra: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/2017-09-c-its-platform-final-report.pdf>
Publisert: 20. September 2017

EU (2016) Declaration of Amsterdam on cooperation in the field of connected and automated driving. Hentet fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/ba7ab6e2a0e14e39baa77f5b76f59d14/2016-04-08-declaration-of-amsterdam---final1400661.pdf>. Publisert: 14. april 2016

EU (2018) Mobility and transport, Cooperative Intelligent Transport Systems: Cooperative, connected and automated mobility (C-ITS). Hentet fra: https://ec.europa.eu/transport/themes/its/c-its_en
Sist oppdatert: 23. april 2018

Financial Times (2017a): Google keeps self-driving cars offline to hinder hackers
Hentet fra: <https://www.ft.com/content/8eff8fbe-d6fo-11e6-944b-e7eb37a6aa8e>
Publisert: 10. januar 2017

Financial Times (2017b): China impedes foreign carmakers' autonomous tests
Hentet fra: <https://www.ft.com/content/2ba4366c-e08c-11e7-a8a4-0a1e63a52f9c>
Publisert: 14. desember 2017

Financial Times (2018): Fatal Uber crash shows we are poor at supervising
Hentet fra: <https://www.ft.com/content/54abc2b0-2c21-11e8-97ec-4bd3494d5f14?>
Publisert: 20. mars 2018

Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure (BMVI) (2017). Ethics Commission: Automated and Connected Driving. Hentet fra: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/publications/report-ethics-commission.html?nn=187598> Publisert: Juni 2017

FFI (2016): “En rullende vaktbikkje”
Hentet fra: <http://2016.ffi.no/kjoretøy>

Ford (2015) Ford First Automaker to Test Autonomous Vehicle at Mcity, University of Michigan's Simulated Urban Environment, i Ford-com. Hentet fra: <https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/news/2015/11/13/ford-first-automaker-to-test-autonomous-vehicle-at-mcity.html>. Publisert: 13.november 2015

Forskrift om utprøving av selvkjørende motorvogn (2017). Lov om utprøving av selvkjørende kjøretøy m.v av 1 januar 2018. Hentet fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2017-12-15-112>

Fortune (2016) Mercedes-Benz's Self-Driving Cars Would Choose Passenger Lives Over Bystanders. Hentet fra: <http://fortune.com/2016/10/15/mercedes-self-driving-car-ethics/>. Publisert: 15. oktober 2016

Friedrich (2016): The Effect of Autonomous Vehicles on Traffic
Hentet fra: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-662-48847-8_16.pdf

Geels (2005): The Dynamics of Transitions in Socio-technical Systems: A Multi-level Analysis of the Transition Pathway from Horse-drawn Carriages to Automobiles (1860–1930)

Hentet fra:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09537320500357319>

Gov.uk. The potential impact of driverless vehicles. Hentet fra:

<https://www.gov.uk/government/publications/driverless-vehicles-impacts-on-traffic-flow>

Publisert: 6. januar 2017

House of representatives (2017) To Provide for information on highly automated driving systems to be made available to prospective buyers, H.R. 3388, Report No. 115. Hentet fra:

<https://docs.house.gov/billsthisweek/20170904/HR3388.pdf>. Publisert: 25. juli 2017

International Transport Forum (2017) New Shared Mobility Study on Helsinki Confirms Ground-breaking Lisbon Results Hentet fra: <https://www.itf-oecd.org/new-shared-mobility-study-helsinki-confirms-ground-breaking-lisbon-results>

Institute of Transport Engineers (2018)

Hentet fra: <http://library.ite.org/pub/6059bdbd-aaef-45e4-58f6-f14962022873>

IOActive (2015) Remote Exploitation of an Unaltered Passenger Vehicle. Hentet fra: https://ioactive.com/pdfs/IOActive_Remote_Car_Hacking.pdf

It-avisen (2018) Visste du at selvkjørende busser kommer allereie i sommar?

Hentet fra: <https://itavisen.no/2018/04/18/visste-du-at-selvkjorende-busser-kommer-allerede-i-sommer/>. Publisert: 18. april 2018

Jenssen G.D. (2017) Autonome kjøretøy i «Teknologien endrer samfunnet»

Johansson, R. & Nilsson, J. Disarming the Trolley Problem – Why Self-driving Cars do not Need to Choose Whom to Kill. Matthieu Roy. Workshop CARS 2016 - Critical Automotive applications : Robustness & Safety, Sep 2016, Göteborg, Sweden. 2016, CARS 2016. Hentet fra: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01375606/document>

Kolumbus (2018). Selvkjørende framtid på Forus. Hentet fra:

<https://www.kolumbus.no/aktuelt/selvkjorende-buss/>. Sist oppdatert: 10. januar 2018

Kongsberg innovasjon (2017) Skaper unik autonom testarena Hentet fra: <https://kongsberginnovasjon.no/nyheter/skaper-unik-autonom-testarena/>.

Publisert: 6. november 2017

Kongsberg innovasjon (2018) Skaper digital infrastruktur for autonome kjøretøy hentet fra: <https://kongsberginnovasjon.no/tag/selvkjorende-buss/>

Publisert: 21. februar 2018

Krafcik, J. (2017) Michigan is Waymo's winter wonderland. Hentet fra: <https://medium.com/waymo/michigan-is-waymos-winter-wonderland-9b3cffbb9bab>.

Publisert: 26. oktober 2017

Lipson, H. & Kurman, M. (2016). Driverless: Intelligent cars and the road ahead. MIT Press: Cambridge.

Meld.St 33 (2016-2017) Nasjonal transportplan 2018-2029. Hentet fra:

[https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-33-](https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-33-20162017/id2546287/)

[20162017/id2546287/](https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-33-20162017/id2546287/). Publisert: 5. april 2017

MIT (2016) Lincoln Laboratory demonstrates highly accurate vehicle localization under adverse weather conditions, Hentet fra:

<https://www.ll.mit.edu/news/Highly-accurate-vehicle-localization-under-adverse-weather.html>.

Merat, N. A., Jamson, H. Lai, F.C.H, Daly, M. & Carsten, O.M.J (2014) Transition to manual: Driver behaviour when resuming control from a highly automated vehicle, Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Volume 27, Part B, 2014, 274-282.

<https://doi.org/10.1016/j.trf.2014.09.005>.

Mica R. Endsley, SA Technologies, Mesa, Arizona (2016). From Here to Autonomy - Lessons Learned From Human-Automation Research, Human Factors, (59), 1, 5-27. <https://doi.org/10.1177/0018720816681350>

MIT Technology Review (2017) Hackers Are the Real Obstacle for Self-Driving Vehicles. Hentet fra: <https://www.technologyreview.com/s/608618/hackers-are-the-real-obstacle-for-self-driving-vehicles/>. Publisert: 22. august 2017

MIT Technology Review (2016) GM CEO: Car Hacking Will Become a Public Safety Issue. Hentet fra: <https://www.technologyreview.com/s/601957/gm-ceo-car-hacking-will-become-a-public-safety-issue/>. Publisert: 22. juli 2016

National Highway Traffic Safety Administration. (2016, October). *Cybersecurity best practices for modern vehicles*. (Report No. DOT HS 812 333). Washington, DC: Author. Hentet fra: https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/812333_cyber-securityformodernvehicles.pdf

National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), (2017). ODI Resume. Hentet fra: <https://static.nhtsa.gov/odi/inv/2016/INCLA-PE16007-7876.PDF>

NHTSA (2016) Federal Automated Vehicles Policy: Accelerating the Next Revolution in Roadway Safety.

NRK (2018) Arizona hindrer Ubers testing av selvkjørende biler. Hentet fra: <https://www.nrk.no/urix/arizona-hindrer-ubers-testing-av-selvkjorende-biler-1.13981562>. Publisert: 27. mars 2018

Nvidia developer (2017) Explaining how End-to-End Learning Steers a Self-Driving Car. Hentet fra: <https://devblogs.nvidia.com/explaining-deep-learning-self-driving-car/>. Publisert: 23. mai 2017

Nvidia (2018) Volkswagen and NVIDIA to Infuse AI into Future Vehicle Lineup. Hentet fra: <https://nvidianews.nvidia.com/news/volkswagen-and-nvidia-to-infuse-ai-into-future-vehicle-lineup>

Postbus (2017). Initial Study indicates public acceptance for self-driving buses. Hentet fra: <https://www.postauto.ch/en/news/initial-study-indicates-public-acceptance-self-driving-buses>. Publisert: 12. september 2017

Press from (2018) People Keep Coming Up With Ways to Fool Tesla's Autopilot. Hentet fra: <http://ca.pressfrom.com/autos/news/-62398-people-keep-coming-up-with-ways-to-fool-teslas-autopilot/> Publisert: 5. februar 2018
Prop. 152 L (2017): Lov om utprøving av selvkjørende kjøretøy. Hentet fra: <https://www.regjeringen.no/content-tassets/ba61cdboa68f4325a5d8309f284897d2/no/pdfs/prp20162017015200oddpdfs.pdf>

Princeton University (2001) Brain imaging study sheds light on moral decision-making. Hentet fra: <https://www.princeton.edu/pr/news/01/q3/0914-brain.htm>. Publisert: 13. september 2001

PwC (2017) Five Trends transforming the Automotive Industry. Hentet fra: https://www.pwc.at/de/publikationen/branchen-und-wirtschaftsstudien/easycy-five-trends-transforming-the-automotive-industry_2018.pdf

Regeringen (2018) Vägen till självkörande fordon – introduktion. Hentet fra: http://www.regeringen.se/49381d/contentassets/ofc1ef6f51794961b20c0c9a965164f6/sou-2018_16_del1_webb.pdf 1-612. Publisert: Stockholm, 2018.

Ruter (2018) Analyse & Strategi: Hvordan utnytte potensialet i selvkjørende kjøretøy. Hentet fra: <http://presse.ruter.no/documents/analyse-and-strategi-hvordan-utnytte-potensialet-i-selvkoerende-koeretoey-74085>. Publisert: 8. januar 2018

Samferdselsdepartementet (2017, 16. juni). *Proposisjon til Stortinget (forslag til lovvedtak)*, Lov om utprøving av selvkjørende kjøretøy, Prop. 152 L (2016-2017). Hentet fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/ba61cdb0a68f4325a5d8309f284897d2/no/pdfs/prp20162017015200odddpdfs.pdf>

Seif, Heiko G & Hu, Xiaolong (2016, s. 159-162) Autonomous Driving in the iCity—HD Maps as a Key Challenge of the Automotive Industry, Hentet fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095809916309432>. Publisert: Juni 2016

Senseable.com. Traffic Lights are a 150-year-old technology originally conceived for horse carriages. Hentet fra: <http://senseable.mit.edu/light-traffic/>

Sintef (2018) Smart-feeder. Hentet fra: <https://www.sintef.no/prosjekter/smart-feeder/>. Publisert: 23. januar 2018

Sintef.no. Kooperative intelligente transportsystemer (C-ITS) Hentet fra: <https://www.sintef.no/anvendelse-av-its-er-et-av-de-viktigste-tiltakene/>

Sola kommune (2018) Grønt lys for selvkjørende buss i trafikk på Forus. Hentet fra <https://www.sola.kommune.no/aktuelt/gront-lys-for-selvkjorende-buss-i-trafikk-pa-forus.33032.aspx>, sist oppdatert: 16. mai 2018

Spectrum (2015). Cars That Think – Researchers Hacks Self-Driving car Sensors. Hentet fra: <https://spectrum.ieee.org/blog/cars-that-think> Publisert: 4. september 2015

Statens vegvesen (2010) Nullvisjonen – en visjon om et transportsystem som ikke fører til tap av liv eller varig skade. Hentet fra: <https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/Trafikksikkerhet/Nullvisjonen>. Publisert: 5. november 2010

Statens vegvesen (2017) E8 Borealis. Hentet fra: <https://www.vegvesen.no/Europaveg/e8borealis/nyhetsarkiv/slik-skal-e8-bli-en-intelligent-veg>

Statens vegvesen (2018) Byutredninger – oppsummering av hovedresultater for åtte byområder. Hentet fra: https://www.ntp.dep.no/By/Byutredninger/_attachment/2145595/binary/1232192?_ts=16132856b20. Publisert: 25. januar 2018

Statistisk sentralbyrå (2017) Registrerte kjøretøy, 2016. Hentet fra: <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/statistikker/bilreg/aar/2017-03-28>. Publisert: 28. mars 2017

Statistisk sentralbyrå (2017) Veitrafikkulykker med personskader. Hentet fra: <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/statistikker/vtu/aar>. Publisert: 30. mai 2017

Stortinget (2017) Prop. 152 L (2016–2017), Innst. 32l. Hentet fra: <https://www.stortinget.no/globalassets/pdf/innstillinger/stortinget/2017-2018/inns-201718-032l.pdf> (§12, s. 4). Publisert: 21. november 2017

Sagdahl, Mathias (2017) Sporvognsproblemet (eng: The Trolley Problem), *I Store norske leksikon*. Hentet fra: <https://snl.no/sporvognsproblemet>. Sist oppdatert: 10. juni 2017

Technology review (2017) a single autonomous car has a huge impact on alleviating traffic <https://www.technologyreview.com/s/607841/a-single-autonomous-car-has-a-huge-impact-on-alleviating-traffic/>

Teknologirådet (2018) Kunstig intelligens rapport. Hentet fra www.teknologiradet.no

Tesla.com (2018): Fullverdig selvkjørende hardware på alle biler. Hentet fra: https://www.tesla.com/no_NO/autopilot

Tesla.com (2018): Retningslinjer for kunders personvern. Hentet fra: https://www.tesla.com/no_NO/about/legal

The Atlantic (2018) Enough With the Trolley Problem. Hentet fra: <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2018/03/got-99-problems-but-a-trolley-aint-one/556805/>. Publisert: 30. mars 2018

The Atlantic (2017), Alexis C Madrigal. *Inside Waymo's Secret World for Training Self-Driving Cars. An exclusive look at how Alphabet understands its most ambitious artificial intelligence project.* Hentet fra: <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2017/08/inside-waymos-secret-testing-and-simulation-facilities/537648/>. Publisert: 23. august 2017

The Drive (2017). Uber Built a Miniature Fake City in Pittsburgh to test self-driving cars, i The drive. Hentet fra: <http://www.thedrive.com/tech/15241/uber-built-a-miniature-fake-city-in-pittsburgh-to-test-self-driving-cars>. Publisert: 18. oktober 2017

The Economist (2018) Self-driving cars will profoundly change the way people live. Hentet fra: <https://www.economist.com/news/special-report/21737425-foreseen-and-unforeseen-consequences-self-driving-cars-will-profoundly-change-way>. Publisert: 1. mars 2018

The Economist (2018) A Pedestrian has been killed by a self-driving car. Hentet fra: <https://www.economist.com/news/science-and-technology/21739149-driverless-tragedy-pedestrian-has-been-killed-self-driving-car>. Publisert: 22. mars 2018

The Guardian (2018) Tesla Car that crashed and killed driver was running on Autopilot, firm says. Hentet fra: <https://www.theguardian.com/technology/2018/mar/31/tesla-car-crash-autopilot-mountain-view>. Publisert: 31. mars 2018

The Independent (2018) Uber agrees settlement with family of self-driving car victim. Hentet fra: <https://www.independent.co.uk/news/business/news/uber-settlement-self-driving-car-victim-crash-a8279631.html>.

Publisert: 29. mars 2018

The Verge (2017) Volvo is reportedly scaling back its ambitious self-driving car experiment. Hentet fra: <https://www.the-verge.com/2017/12/14/16776466/volvo-drive-me-self-driving-car-sweden-delay>. Publisert: 14. desember 2017

The Verge (2018) Elon Musk still doesn't think Lidar is necessary for fully driverless cars. Hentet fra: <https://www.the-verge.com/2018/2/7/16988628/elon-musk-lidar-self-driving-car-tesla>. Publisert: 7. februar 2018

The United States Department of Transportation: The evolution of Automated safety technologies. Hentet fra : <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety#issue-road-self-driving>

Traffic Safety facts – A brief Statistical Summary. Published by NHTSA's National Center for Statistics and Analysis. Hentet fra: <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/812115>. Publisert: februar 2018

Transportøkonomisk institutt (2013): Drosjer i Østfold – et marked i utvikling. Hentet fra: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=32482>

Transportøkonomisk institutt (2017a) Kunnskapsgrunnlag: Areal- og transportutvikling for klimavennlige og attraktive byer. Hentet fra: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=45597>

Transportøkonomisk institutt (2017b) Betydningen av ny teknologi for oppfyllelse av nullvekstmålet. Hentet fra: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=46142>

Trafikkforum (2018). Førerstøtteteknologi og presis kjøreteknikk. Hentet fra: <https://trafikkforum.no/2018/03/19/forerstotteteknologi-og-presis-kjoreteknikk/>

Technology review (2017) This image Is Why Self-Driving Cars Come Loaded with Many Types of Sensors. Hentet fra: <https://www.technologyreview.com/s/608321/this-image-is-why-self-driving-cars-come-loaded-with-many-types-of-sensors/>. Publisert: 21. juli 2017

Tesla, Fullverdig selvkjørende hardware på alle biler. Hentet fra: https://www.tesla.com/no_NO/Autopilot

Vegtrafikkloven (1965) vegtrafikkloven m.v. fra 1 juli 1965. Hentet fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1965-06-18-4>

Quarts (2016, 14.mars) Driverless cars have a new way to navigate in rain or snow. Hentet fra: <https://qz.com/637509/driverless-cars-have-a-new-way-to-navigate-in-rain-or-snow>. Publisert: 14.mars 2016

Quartz D (2016, 29 desember) Self-driving, 416- ton trucks are hauling raw materials around Australia. Hentet fra: <https://qz.com/874589/rio-tinto-is-using-self-driving-416-ton-trucks-to-haul-raw-materials-around-australia/>. Publisert: 29. desember 2016

Volvo cars. Hentet fra: <https://www.volvocars.com/en-eg/about/our-innovation-brands/intellisafe/intellisafe-Autopilot/this-is-Autopilot>

Waymo (2017): Safety Report: On the road to Fully Self-Driving. Hentet fra: <https://storage.googleapis.com/sdc-prod/v1/safety-report/waymo-safety-report-2017.pdf>

Waymo.com: technology. Hentet fra: <https://waymo.com/tech/>

Waymo.com: Journey. Hentet fra: <https://waymo.com/journey/>

Wikipedia (2018) Platoon (Automobile). Hentet fra: [https://en.wikipedia.org/wiki/Platoon_\(automobile\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Platoon_(automobile)) Sist oppdatert: 11. mai 2018

Wired.com (2016a) The clever way Ford's self-driving cars navigate in snow Hentet fra: <https://www.wired.com/2016/01/the-clever-way-fords-self-driving-cars-navigate-in-snow/>. Publisert: 1. november 2016

Wired (2016b) Tesla's Autopilot has had it's first deadly crash <https://www.wired.com/2016/06/teslas-Autopilot-first-deadly-crash/>. Publisert: 30. juni 2016

Wired (2018a) Self-Driving Cars Have a Secret Weapon: Remote Control.
Hentet fra: <https://www.wired.com/story/phantom-teleops/>. Publisert: 1. februar 2018

Wired (2018b) Uber's self-driving car just killed somebody. Now what? Hentet fra: <https://www.wired.com/story/uber-self-driving-car-crash-arizona-pedestrian/>. Publisert: 19. mars 2018

