

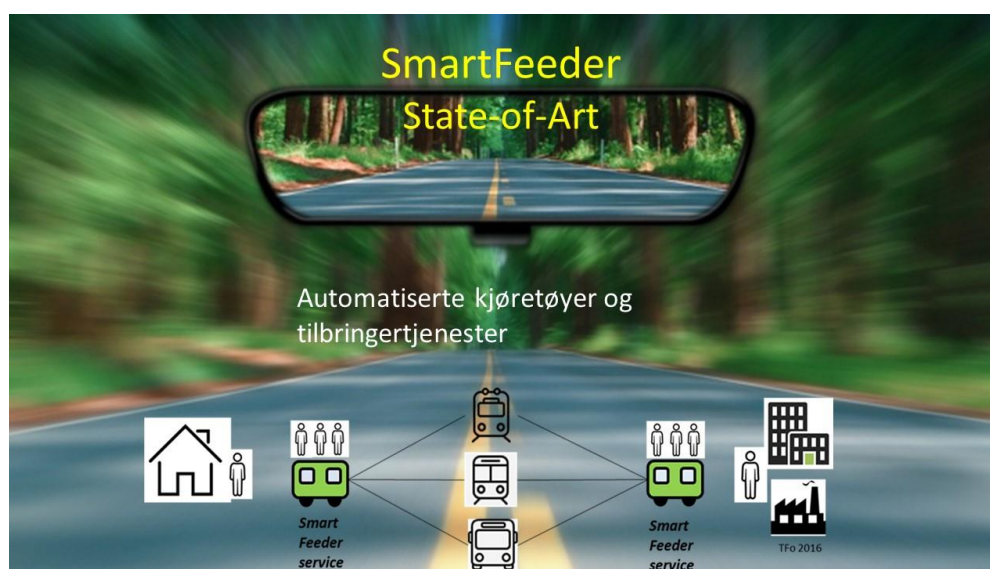
2017:00634 - Åpen

Bruk av automatiserte kjøretøy som tilbringertjeneste til kollektivtransport

Litteraturstudium

Forfattere

Gunnar Deinboll Jensen
Isabell Roche-Cerasi



Rapport

Bruk av automatiserte kjøretøy som tilbringertjeneste til kollektivtransport

Litteraturstudium

EMNEORD:
Automatiserte kjøretøy
Autonom
Tilbringertjeneste
Kollektivtransport
Mobilitet som en tjeneste

Automated Vehicles
Autonomus
Feeder Service
Public Transport
Mobility as a Service

VERSJON

1.0

DATO

2017-11-14

FORFATTEREGunnar Deinboll Jenssen
Isabell Roche-Cerasi**OPPDRAAGSGIVER**

Jernbanedirektoratet

OPPDRAAGSGIVERS REF.

Ragnhild Wahl

PROSJEKTNR

102015052

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

71+ vedlegg

SAMMENDRAG


Denne rapporten beskriver resultatene av en litteraturundersøkelse på bruk av automatiserte kjøretøy som tilbringertjeneste til kollektivtransport. Rapporten er basert på søk i internasjonale vitenskapelige databaser, egne arkiv, informasjon innhentet via forespørsler direkte til fagpersoner i SINTEFs og ITS Norge sine faglige nasjonale og internasjonale nettverk. Søk etter litteratur i vitenskapelige databaser ble gjennomført med utvalgte søkeord.

Hensikten med denne rapporten er å fremskaffe kunnskap og sammenstille kunnskap som kan styrke kunnskapen om suksesskriterier eller barrierer mot innføring av høyt automatiserte kjøretøy. Prosjektet skal ikke utvikle tekniske løsninger knyttet til automatiserte busser og biler, men fokusere på hvordan automatiserte kjøretøy kan inngå i og bidra til forbedring av kollektivtilbudet og medvirke til en grønn omstilling hos de reisende. Prosjektet dreier seg ikke direkte om teknologiutvikling. I en litteraturgjennomgang er det likevel naturlig å ta med noe om den teknologisk status på området og ulykker i den grad det er kunnskap om det.

Rapporten gir en oversikt over status på området i en rekke land. Aktivitetsnivået er ulikt fra land til land og også innenfor regioner og stater, slik som i Europa og USA. Det er naturlig nok mer tilgjengelig kunnskap fra land som er ledende på området. Andre land og kan være mer tilbakeholden med informasjon av politiske og markedsmessige årsaker.

UTARBEIDET AV

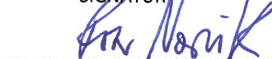
Gunnar Deinboll Jenssen

SIGNATUR**KONTROLLERT AV**

Trond Foss

SIGNATUR**GODKJENT AV**

Roar Norvik

SIGNATUR**RAPPORTNR**
2017:00634**ISBN**
978-82-14-06739-2**GRADERING**
Åpen**GRADERING DENNE SIDE**
Åpen

Forord

Denne rapporten beskriver resultatene av en litteraturundersøkelse på bruk automatiserte kjøretøy som tilbringertjeneste til kollektivtransport.

Rapporten er basert på søk i internasjonale vitenskapelige databaser, egne arkiv, informasjon innhentet via forespørsler direkte til fagpersoner i SINTEFs og ITS Norge sine faglige nasjonale og internasjonale nettverk. Informasjon er innhentet fra pågående prosjekter og deltakelse i relevante grupper på LinkedIn. Søk etter litteratur i vitenskapelige databaser ble gjennomført med utvalgte søkeord.

Hensikten med denne rapporten er å fremskaffe kunnskap og sammenstille kunnskap som kan styrke kunnskapen om suksesskriterier eller barrierer mot innføring av høyt automatiserte kjøretøy. Prosjektet skal ikke utvikle tekniske løsninger knyttet til automatiserte busser og biler, men fokusere på hvordan automatiserte kjøretøy kan inngå i og bidra til forbedring av kollektivtilbudet og medvirke til en grønn omstilling hos de reisende. Prosjektet dreier seg ikke direkte om teknologiutvikling. I en litteraturgjennomgang er det likevel naturlig å ta med noe om den teknologisk status på området og ulykker i den grad det er kunnskap om det.

Rapporten gir en oversikt over status på området i en rekke land. Aktivitetsnivået er ulikt fra land til land og også innenfor regioner og stater, slik som i Europa og USA. Det er naturlig nok mer tilgjengelig kunnskap fra land som er ledende på området. Andre land kan være mer tilbakeholden med informasjon av politiske og markedsmessige årsaker.

Rapporten er utarbeidet av Gunnar Deinboll Jenssen og Isabelle Roche-Cerasi SINTEF Teknologi og samfunn, avdeling Sikkerhet og mobilitet. Trond Foss har kvalitetssikret rapporten.

Sammendrag

Det skjer en rivende utvikling teknologisk og markedsmessig innen automatisert mobilitet og automatisert vegtransport. Det rapporteres stadig om nye piloter, prøveprosjekt og teknologiske framskritt. Samtidig ser vi det er en hektisk markedsmessig posisjonering med stadig nye fusjoner og oppkjøp. Lover og regelverk for test og bruk av høyt automatiserte kjøretøy på offentlig veg er også i utvikling og endring. Det gjør det krevende å gi et godt bilde av kunnskapsstatus på området. For en del av fagområdet blir det et øyeblikksbilde med begrenset gyldighet. På andre områder vil det kunne ha mer varig verdi. Kunnskapsstatusen presentert her vil oppdateres regelmessig innenfor varigheten av det 3-årige SmartFeeder prosjektet.

Forslag til ny lov om prøving av selvkjørende kjøretøyer ¹ åpner for pilotprosjekt på norske veger. Loven forventes vedtatt vinteren 2018. En rekke norske byer har gjennomført demonstrasjonskjøring på dispens av automatiserte skyttelbusser. Flere byer følger nå opp med planer om mer langvarige piloter.

Prosjektet SmartFeeder vil følge tre av disse pilotene for å utvikle kunnskap basert på erfaringene som gjøres i utprøvingen. Vi vil studere suksesskriterier, barrierer og eventuelle showstopper i pilotene, og vurdere hvilke rammebetingelser som må være på plass for å sikre en smidig innføring av automatiserte tilbringertjenester. De viktigste forskningsutfordringene er knyttet til 1) Aktørers krav og forventninger, 2) Konsekvenser for mobilitet, sikkerhet, trygghet og miljø, 3) Brukerbehov, aksept, og endring i reisevaner, 4) Tekniske ytelser av automatiserte kjøretøy under norske klimatiske forhold og trafikkultur, 5) Vurdering av lover og regelverk for permanent innføring av automatiserte kjøretøy i blandet trafikk, 6) Forretningsmodeller og økonomi, 7) Utvikling av evalueringsmetodikk for automatiserte kjøretøy og støttesystemer og 8) Utvikling av støttesystemer basert på samvirkende ITS (C-ITS).

Drive av utviklingen på området er ikke nødvendigvis den tradisjonelle bil og bussindustrien. Vi ser at en rekke teknologibedrifter har utfordret den tradisjonelle bilindustrien og tilbydere av busser og lastebiler. Automatiserte elektriske kjøretøy har færre komponenter og er enklere å produsere. Det har utfordret den tradisjonelle bilbransjen. Automatisering krever en annen kompetanse enn utvikling av tradisjonelle førerstyrte kjøretøy. Vi ser at store teknologi- og programvarebedrifter som Google og Baidu seiler opp som seriøse utfordrere. Samtidig ser vi at permanente kollektive skyttelbusstilbud og automatiserte taxitjenester allerede er etablert. De har et grep i markedet som personbilindustrien søker å ta igjen. Samtidig ser vi at personbilmarkedet er ledende innen den teknologiske utviklingen av systemer for høyt automatiserte kjøretøy. Automatiserte skyttelbusser går i prinsippet på virtuelle skinner. De følger samme spor hver gang og de stopper for alle hindringer. Automatiserte kjøretøy er mer fleksible. De har teknologi som tillater at de velger ulike spor, vegvalg, kan skifte kjørefelt, kjøre forbi og gjøre unna manøver om de møter en hindring.

Det dukker stadig opp nye selskap og knoppskyttinger, og det utvikles samarbeid mellom teknologibedrifter og etablert industri. Elektriske kjøretøy har færre deler og er enklere å produsere slik at spesialisert kunnskap innen den tradisjonelle bilindustrien ikke lenger er like nødvendig. Det ligger store økonomiske insentiv bak den markedsmessige posisjoneringen vi ser. Myndighetene i ulike land er også på banen med støtte til egen industri og på grunn av de potensielle samfunnsmessige gevinster som ligger i automatisert vegtransport. Lovverk for automatiserte kjøretøy er i endring i mange land og nye forretningsmodeller for automatisert mobilitet skapes.

¹ Prop.152L (2016-2017) Lov om utprøving av selvkjørende kjøretøy

Automatiserte elektriske kjøretøy kan endre, påvirke og forme vår fremtidige mobilitet og livskvalitet. De viktigste suksesskriteriene og potensialet for høyere nivåer av automatisert kjøring er at det er stort potensiale for å redusere ulykker forårsaket av menneskelige feil. Høyt automatiserte kjøretøy kjører ikke i ruset tilstand, det har ikke en fører som kan sovne bak rattet eller som med viten og vilje bryter fartsgrenser og andre trafikkregler. Nye urbane mobilitetsløsninger kan øke effektiviteten i transportsystemet og redusere tid brukt i overbelastet trafikk med kø. Jevnere trafikkavvikling kan bidra til å redusere energiforbruket og utslippene til kjøretøyene. Det kan gi økt reisekomfort og frihet til å fokusere på andre aktiviteter enn kjøreoppgaven når automatiserte systemer er aktive. Automatiserte transportløsninger kan gi økt sosial inkludering ved å sikre mobilitet for alle, inkludert eldre og brukere med nedsatt førerlighet eller andre helsemessige svekkelser. Det vil gi økt tilgjengelighet hvis det tilrettelegges for tilgang til bysentra for personer og gods med høyt automatiserte transportløsninger. Kollektive tjenester kan få økt popularitet når en dør -til dør løsning er sikret med automatiserte matebusser til/fra kollektivknutepunkt.

Rapporten gir status for teknologiutvikling i USA, Europa og Asia. Den

Litteraturstudien viser at det er mange utfordringer og mulige barrierer som kan sinke eller stoppe utviklingen i ønsket retning. De viktigste er:

- Lovverk og ansvar
- Eierskap
- Brukeraksept
- Teknologi
- Samspill med myke trafikanter
- Samspill med vanlige kjøretøy

Dagens lovverk i Norge og mange andre land tillater kun utprøving av automatiserte kjøretøy. Vi ser at flere og flere land etablerer egne lover og regler for utprøving av automatiserte kjøretøy på offentlig veg. Hittil er det bare staten Nevada i USA som tillater permanent bruk av automatiserte kjøretøy på SAE nivå 4 i vanlig trafikk. Lovverket varierer både fra stat til stat innen USA og fra land til land i verden forøvrig.

Harmonisering av lover og regler er nødvendig for at kjøretøyer skal kunne passere problemfritt mellom stater i USA eller over landegrenser. I noen tilfeller, slik som i Michigan, ser det ut til at lovverket brukes for å stanse eller hindre konkurranse. Der kreves det at teknologiselskap og andre som utvikler automatiserte kjøretøyer må gjøre det i samarbeid med etablert bilindustri for å få adgang til test på offentlig veg. Enkelte stater og land krever forsikring og forsikringsbransjen er i ferd med å tilpasse tilbud. I England har det vært diskutert å legge ansvar på nasjonalt nivå. Argumenter og aksept for at forsikringsansvar legges til kjøretøyprodusentene vinner imidlertid fram. Volvo har som den første produsenten erklært at de tar ansvar om noen skades i deres automatiserte kjøretøy. Om automatisert mobilitet med automatiserte kjøretøyer skal bli en realitet, må lovverket tillate bruk på offentlig veg. Internasjonale standarder for testing og godkjenning av slike kjøretøy og overnasjonalt lovverk er nødvendig for å ivareta sikker automatisert transport med høyt automatiserte kjøretøy av personer og gods over landegrenser.

Endringer i eierskap til kjøretøy kan fremme eller hemme utviklingen. Om det bare utvikles og tilbys automatiserte versjoner av personbiler, vil vi ikke kunne oppnå effektivitets- og miljømål eller mål for tilgjengelighet. Individuell transport og eierskap vil potensielt øke om vi bare gjør dagens personbil automatisert. Flere vil kunne benytte seg av slike kjøretøy og de vil potensielt kjøre mer avhengig av blant annet tilgjengelighet til parkeringsplasser. Bare ved en vesentlig andel bildeling og kollektive løsninger og tjenestetilbud, kan ønskede transportpolitiske mål nås.

Brukeraksept er en nøkkelfaktor for utviklingen. Automatiserte kjøretøy må ha tilstrekkelig sikkerhet, forutsigbarhet og komfort. De må også ha vern mot hacking og ivareta personvern. Hvis brukerne ikke finner kjøretøyet, tilbudet, eller tjenesten attraktivt vil utviklingen i denne retningen strande.

Teknologien i seg selv kan være en barriere mot innføring. Automatiserte kjøretøy har fortsatt problemer med å finne veien og fungere under utfordrende vær og føreforhold med mye regn, snø, slaps og sandstormer. Snødekte veier kan være vanskelige å finne fram på og sensorer kan pakkes fulle av snø. Automatiserte kjøretøy må utvikles slik at de takler alle forhold det vil møte, like bra eller bedre enn førerstyrte kjøretøy.

Vi ser av litteraturstudien at noen velger en egen infrastruktur for automatiserte kjøretøyer eller løsninger som stiller krav til separasjon mellom automatiserte kjøretøy og myke trafikanter. Samspill med myke trafikanter må løses om dagens infrastruktur skal kunne brukes til høyt automatiserte kjøretøy. Automatiserte kjøretøy vil i prinsippet stoppe for alle hindringer inklusiv myke trafikanter. Slik sett er de ikke en sikkerhetsrisiko, men det vil påvirke trafikkavvikling. I bytrafikk kan det medføre at trafikken helt stopper opp i perioder med stor andel fotgjengere og syklistene. De vil potensielt stanse alle automatiserte kjøretøyer om de kommer i en jevn strøm. Det vil redusere trafikkflyt og potensielle effektivitets- og miljøgevinster. For å løse opp dette samspillet i et delt vegnett må automatiserte kjøretøy lære seg å kommunisere, bli forutsigbare og forhandle om forkjørsrett.

Samspill med vanlige manuelle kjøretøy kan også være en utfordring. Automatiserte kjøretøy vil i prinsippet følge alle lover og regler til punkt og prikke. Det kan skape forventningsbrudd i forhold til lokal trafikkultur. I 19 av 21 ulykker med Google sine kjøretøy skyldes slike forventningsbrudd i trafikksignalregulerte kryss. I slike kryss forventer vanlige førere at Google-bilen vil kjøre på gult signal, men blir overasket når de plutselig stopper med påkjøring bakfra som resultat. For å unngå slike ulykker må automatiserte kjøretøy være lette å indentifisere for andre trafikanter. Justering av programvare må vurderes for å tilpasses lokal trafikkultur og forventninger til atferd i ulike trafikksituasjoner. Google har nå tatt patent på en programvareendring for å løse hvordan Google kjøretøy håndterer dilemmasonen ved trafikksignalanlegg.

Europa er ledende mht. å utvikle og teste kollektive og automatiserte kjøretøyer for anvendelse i by. Automatiserte kjøretøy du kan dele med andre, bestille som en taxi dør til dør, i fast rute eller som en tilbringertjeneste til og fra kollektivknutepunkt. EU har finansiert demonstrasjoner og piloter med små automatiserte skyttelbusser i 10 byer over hele Europa i forskningsprogrammet CityMobil2. To franske selskaper, EasyMile og Navya, og nederlandske 2getthere har dukket opp som ledende kommersielle automatiserte bussprodusenter. EasyMile leverte de fleste skyttelbussene til CityMobil2-prosjektet og lanserte også separat demonstrasjon i Nederland under navnet WEPod. Selskapet 2getthere etablerte den første permanente linjen på offentlig veg i Nederland allerede under det første CityMobil prosjektet. Linjen i Rivium (NL) er utstyrt med magnetiske transpondere for å forenkle navigering. Det diskuteres om slik infrastruktur er nødvendig eller om teknologi ombord i de automatiserte skyttelbussene er tilstrekkelig for sikker navigering og ferdsel. Anbefalinger fra CityMobil2 går ut på å utvikle automatiserte kjøretøy for en delt infrastruktur. Det vil si fleksible automatiske kjøretøy som ikke er avhengig av magneter eller andre transpondere i gate veg eller vegkant. Norge og andre land med snø og islagte gater og veger må kanskje søke å etablere infrastruktur for "snømatisk" kjøring. Automatisert kjøring på snødekte veger og gater der vegmerking og konturer av vegens videre forløp viskes ut eller der snøvær og slaps hindrer sensorsystem fra å virke, er en utfordring. Lite er hittil gjort for å løse disse utfordringene. Her har norske FOU miljøer og bedrifter mulighet til å ta en ledende posisjon. Skal automatisert mobilitet bli et helårstilbud i Norge, så må de teknologiske barrierene for sikker ferdsel under alle veg-, vær- og trafikkforhold løses. Det er mulig å øke standarden på vinterdrift, men det vil likevel ikke sikre mobilitet under alle forhold. Det finnes lovende snømatisk teknologi og programvareløsninger både for kjøretøy og infrastruktur som bør utvikles og prøves ut på norske veger og gater. Singapore har opplevd lignende utfordringer med driftsstabilitet for automatiserte

skyttelbusser under regnskyll. Singapore ligger i det tropiske beltet og har heftige regnskyll en til to ganger om dagen.

Vi ser at de europeiske produsentene av automatiserte skyttelbusser er ledende og tar markedsandeler også utenfor Europa. Navya som har inngått avtale med det sveitsiske transportselskapet CarPostal for å drive automatiserte skyttelbusser i den sveitsiske byen Sion, har også undertegnet en avtale med Contra Costa Transportation Authority i California for å teste skyttelbussene i to forretnings og kontorområder i utkanten av San Fransisco. Selskapet 2getthere har etablert et permanent tilbud med automatiserte skyttelbusser i Abu Dhabi.

Automatisert mobilitet i urbane områder preges i dag av automatiserte kjøretøyer med lav hastighet og høy automatisering (SAE nivå 3-4). Disse betegnes i CityMobil som Cyber – transport og kategoriseres i følgende funksjonelle grupper:

- Personal Rapid Transport (PRT)
- Automatisert personbil (automatisert parkering og kø-kjøring)
- Automatisert bybuss
- Automatisert godstransport i by

Det eksisterer permanente Cyber-transport tjenester som opererer i lav hastighet i blandet trafikk og/eller på dedikert vegareal. Utviklingen går mot nye typer automatiserte kjøretøy for urban mobilitet i blandet trafikk. Eksempelvis "cybercars" (automatiserte skyttelbusser eller "personbil" med delt eierskap), automatiserte bybusser, "robotaxi" (automatiserte drosje), og "dual-mode" kjøretøy som opererer både manuelt og automatisert.

Det utvikles Personlig Rapid Transport (PRT) for rask transport med mindre kjøretøy (pods) på dedikert infrastruktur, potensielt over lengre strekninger og skyttelbusser for mer lokal dør til dør tjeneste.

Automatisert parkering er allerede en etablert funksjonalitet, med fører passivt tilstede bak rattet. Automatisert parkering uten fører i bilen er foreløpig bare tillatt i Nevada. Automatisert parkering uten personer i bilen vil bre om seg etterhvert som lovendringer tillater bruk av høyt automatiserte kjøretøy på offentlig veg i flere stater og land. Bilindustrien hevder de jobber med dual-mode kjøretøy som gradvis blir automatisert. Først ut er tilbud om automatisertparkering inn og ut av parkeringsplasser og parkeringshus via smarttelefon eller nøkkelring funksjonalitet. Føreren venter utenfor, men kan hele tiden overvåke og eventuelt stoppe bilen på veg til eller fra seg.

Bilindustrien jobber også med løsninger for automatisert kjøring i tett trafikk. Det er en videreføring av cruisekontroll og adaptiv cruisekontroll som gjør høyt automatiserte kjøretøy i stand til å gjennomføre automatisert kjøring i køtrafikk for hastigheter rundt 30 km/t.

Automatiserte personbiler utvikles i dag både innen den tradisjonelle bilindustrien og av nye aktører. Teknologibedrifter som Tesla, Uber, Google og Baidu med flere jobber direkte mot høyt automatiserte kjøretøy (SAE nivå 3-5) som kan operere i normale hastigheter under alle forhold. De utfordrer den tradisjonelle bilindustrien og en del av disse sikter nå direkte mot høyt automatiserte kjøretøy på SAE nivå 4. Eksempelvis Volvo og Nissan. De hopper over SAE nivå 3 og utvikler kjøretøy som kan operere automatiserte både i lave hastigheter og i høye hastigheter på urbane motorveger.

Automatiserte bybusser, med kapasitet til 40-50 passasjerer er under utprøving. Det utvikles høyt automatiserte bybusser der systemet i en overgangsfase overvåkes av en sjåfør, men målet er at de på sikt kan overvåkes fra en sentral og fjernstyres/stoppes om nødvendig. Slike busser har vært testet både i Europa, Kina og i Singapore. Singapore hevder de vil etablere et permanent tilbud for slike busser på offentlig veg i løpet av 2018.

Automatisert godstransport i by har potensiale til å løse mange utfordringer innen bylogistikk og miljø. Det utvikles også høyt automatiserte lastebiler/vogntog for langtransport. Disse vil kunne operere i automatiserte kolonner (platooning) med en sjåfør i ledebilen og sovende/hvilende sjåførere i de som følger på. Målet er at automatiserte lastebiler/vogntog skal operere uten sjåfør, ikke bare mellom byer men også helt fram til terminal eller leveringssted i by. Scania er ledende på forsøk med platooning i Europa. Otto og Daimler har hatt vellykkede testturer med automatiserte vogntog på tvers av USA.

Uber utnytter kapasiteten i sin taxiflåte og tilbyr nå pakketransport når det ikke er kunder i bilen. Slike tilbud er lansert i blant annet Los Angeles og Shanghai. På sikt vil denne transporten for mindre pakker foregå med automatiserte elektriske kjøretøyer som overvåkes og eventuelt fjernstyres fra en sentral.

Det har lenge vært små robotiserte traller (AGV) på markedet for anvendelse på lukket område i industrien, sykehus og lignende avgrensede områder (St Olavs Hospital i Trondheim, Starship robots, osv.). De 22 robottrallene ved St. Olav har fungert i 13 år og frakter 1000 traller med varer internt på sykehuset. De går i ganger og benytter heiser i samspill med personalet, pasienter og gjester ved sykehuset. Det er registrert kun en ulykke med robot trallene på 13 år. De varsler om sitt nærvær og kommuniserer med folk på lokal dialekt.

Kappløpet om utvikling av automatiserte kjøretøy (AV) er intenst. Milliarder blir brukt til å utvikle sensorer, maskinvare, programvare og kart, samt til testing i ulike trafikksituasjoner under ulike typer kjøreforhold. Selv om veikartet fram til nivå 5 er uklart, er mellomliggende nivåer av automatisering synlige. Nivå 2 er med Tesla sin Autopilot en realitet. De mest avanserte bilprodusentene har annonsert utgivelsen av Nivå 3-biler rundt 2019, men noen vil hoppe over dette nivået. De første Nivå 4-bilene er kunngjort for 2021 med spesifikke funksjoner og anvendelsesområder. Imidlertid vil automatiserte skyttelbusser sannsynligvis bli de første høyt automatiserte brukstilfeller folk vil stifte bekjentskap med. Det kan bidra til offentlig aksept for automatisert kjøring generelt, men også gi tilbakeskritt om tilbudet ikke svarer til forventninger og behov.

Automatiserte skyttelbusser er allerede en del av landskapet i en rekke testområder og byer rundt om i verden. De blir testet og evaluert av offentlige og private operatører. Hittil er det begrenset vitenskapelig dokumentasjon fra slik utprøving. Det mest relevante innen tilbringertjenester med automatiserte skyttelbusser har vi fra de europeiske prosjektene CityMobil og CityMobil2. Automatiserte skyttelbusser vil bli de første automatiserte kjøretøyene en stor andel trafikanter vil bli kjent med og vant til. Ikke bare i Norge, men også i en rekke andre land. Allerede har flere millioner trafikanter brukt de permanente tilbudene med automatiserte skyttelbusser i Nederland og i de Arabiske Emirater. Det koster i dag 1.5-2 millioner NOK for en automatiserte skyttelbuss med kapasitet på 12-15 personer og en topphastighet på 25 -30km/t. De er etablert eller blir testet på forhåndsbestemte ruter eller som en etterspørselsbaserte, søkbare tilbud innen geo-avgrensede områder. De fleste opererer for øyeblikket på virtuelle spor, som er ideelle for avgrensede urbane miljøer som bysentra, universitets- og bedriftsområder, industriområder, boligområder eller fornøylesparker.

Slike elektriske automatiserte skyttelbusser har nå blitt testet i Paris, La Rochelle, Las Vegas, London, Lausanne, Taipei, Singapore og Dubai med flere. Så lang har de vært brukt som tilbringertjeneste (last mile service). Men automatisert bytransport av gods åpner et nytt marked og muligheter for slike kjøretøy. Flere etablerte bilprodusenter (Volvo, Volkswagen, Nissan) og utfordrere som Uber og Google jobber mot å tilby automatiserte taxier. Daimler og Boch har inngått et kompaniskap for å kunne tilby automatiserte taxier på nivå 4 innen 2020. Sentrale produsenter som Navya, Easymile, 2getthere og i noen grad Local Motors har allerede skaffet seg erfaring fra bruk under ulike trafikkforhold. Alstom er en større produsent og servicetilbyder innen jernbanesektoren og har investert i Easymile for å kunne utvide sitt spekter av tjenester. Keolis er et etablert transportselskap som har investert i Navya for å kunne tilby automatiserte skyttelbusser som del av sitt tilbud.

Aktører som er gode på organisering av transporttjenester tar sikte på å operere flåter av automatiserte skyttelbusser. Blant annet BestMile som er gode på baksystemer (forsendelse, ruteplanlegging energieffektiv transport og operatørsystem) og brukergrensesnitt mot kunder. Ridecell er gode på bildelingssystemer (ride sharing) og går nå i kompaniskap med produsenter av skyttelbusser.

Det er foreløpig lite tilgjengelig forskning på driftserfaringer og brukeraksept fra de ulike pilotprosjektene omkring i verden.

Det er rapporter fra ulykker med automatiserte kjøretøy på nivå 2. Stort sett med sin "Autopilot". De har hatt flere påkjørsler av parkerte biler som står halvveis ut i kjørefeltet på motorveg. Det har hittil vært to dødsulykker med Tesla i Autopilot modus. En dødsulykke i Kina september 2016 der føreren av omkom da Teslaen kolliderte med en lastebil som stod parkert halvveis ut i veibanen. De etterlatte har varslet rettsak mot Tesla. Det lite informasjon ut over en video på youtube og dekning i media.

En dødsulykke med Tesla i Autopilot modus i USA, (Florida mai 2016) er mer grundig dokumentert. Føreren døde etter kollisjon med en trailer i et kryss. Den amerikanske havarikommisjonen kan dokumentere at hverken fører eller bil greide å se vogntoget tidsnok til å gripe inn. Radaren så klar veg under hengeren på vogntoget og video systemet ble satt ut av spill pga. blendende motlys. Teslaen hadde før ulykken heller ikke noe informasjon om høyde på eget kjøretøy. Uten det kunne programvaren akseptere en lav åpning selv om den ikke er høy nok til at bilen kan passere. Den eneste ulykken som har skjedd etter 13 års drift ved med robottraller ved St. Olav er av samme type. Robottrallen så klar veg mellom bena på en trappestige, men trallen tok med seg den og personen på toppen av den når den forsøkte å passere.

Google har som nevnt hatt 21 ulykker med sine kjøretøyer. Alle unntatt to (feltskifte/kryss) skyldes førerfeil fra manuelt styrte biler de har vært i samspill med. Det er påkjøring bakfra ulykker ved trafikksignalanlegg der den manuelle bilen forventer at Google bilen skal kjøre på gult lys. Google har nå tatt patent på automatisering av "dilemmasonen", dvs. en funksjon som beregner og tillater Google biler å kjøre på gult lys. Uber har hatt minst en feltskifteulykke.

Det samlede ulykkesbildet viser at vi må forvente enkelte nye typer ulykker med høyt automatiserte kjøretøy, men langt færre enn med manuelle kjøretøy. I tillegg lærer automatiserte kjøretøy av hver hendelse og kan dele det med andre automatisert kjøretøyer.

Vi må forvente at det er stort fokus på ulykker med automatiserte kjøretøyer en stund framover, - også når vi får ulykker i Norge. Nyheten om den første ulykken med automatisert skyttelbuss i Las Vegas, spredte seg raskt i media verden over. Ulykken skyldtes at et vogntog rygget på den høyt automatiserte skyttelbussen som stod i ro da den ble påkjørt.

Samspill mellom ikke automatiserte kjøretøy og høyt automatiserte vil være en utfordring i blandet trafikk: a) fordi automatiserte kjøretøyer oppfører seg uventet (forventingsbrudd) og b) fordi de følger regelverket til punkt og prikke og kanskje for firkantet.

Vi må skille mellom ulykker som kunne ha vært avverget og de som ikke er mulig å avverge enten det er fører eller datamaskin bak rattet. Når Googlebilen blir påkjørt i høy hastighet fra siden av en bil som kjører på rødt lys, så er det en ulykke hverken datamaskinen eller en dyktig fører hadde greid å avverge på grunn av sikhindringer, den andre bilens hastighet og tid til kollisjon. Når Googlebilen kolliderte ved feltskifte i lav hastighet, på et sted der det ikke er sikhindringer, må det imidlertid stilles spørsmål om sensortechnologien og programvaren i det høyt automatiserte kjøretøyet er utilstrekkelig og bør forbedres.

Det er ikke alltid alle forhold omkring en ulykke er umiddelbart krystallklare. Det er en viktig forskeroppgave å samle kunnskap om slike ulykker og følge utviklingen over tid.

Det er forsket på folks holdninger til automatiserte kjøretøy. Et 20 talls studier fra ulike land og med ulikt antall respondenter viser entydig at holdningene har gått fra negativ til overveiende positiv over en 20 års periode der studiene er gjennomført.

Summary

There is a rapid development of automated mobility and automated road transport, both technologically and commercially shown in daily reports of new demonstrations, pilot projects and technological advancements. At the same time, we see a hectic market activity, with new mergers and company acquisitions. Laws and regulations for the testing and use of highly automated vehicles on public roads are struggling to keep up the pace. Hence, it is difficult to provide a good picture of knowledge status in the area. What we can provide is a snapshot of limited durability for some of the automated transport topics. In other areas, the knowledge presented here may have more lasting value. This state of the art report will be regularly updated during the 3-year SmartFeeder project.

A new Norwegian law on testing of automated driving (expected to be approved in winter 2018) enables pilot projects on Norwegian roads with highly automated vehicles on SAE level 3-5. Several demos with automated shuttle busses have already taken place in Norwegian cities. Several cities are now following up with plans for more long-term pilots.

The *SmartFeeder* project will follow three of these pilot projects with highly automated shuttle buses conducting research and collecting knowledge gained in these first trials on Norwegian public roads. The aim is to study success criteria, barriers against implementation and possible showstoppers in these pilots. The context and external conditions necessary to ensure a smooth introduction of automated shuttle services will be assessed.

The main research challenges related to this is: 1) Participant expectations and demands, 2) Impact on mobility, safety, security and environment, 3) User needs, acceptance and change in travel habits, 4) Technical performance of automated vehicles under Norwegian climatic conditions and traffic culture, 5) Assessment of laws and regulations for the permanent introduction of automated vehicles in mixed traffic, 6) Business Models and economic benefits, 7) Development of Evaluation Methodology for assessment of Automated Vehicles and Support Systems and 8) Development of Support Systems Based on Cooperative ITS (C-ITS).

The driving forces of this development are not necessarily the traditional car and bus industry. We see the traditional automotive industry and providers of buses and lorries are challenged by several technology companies. Partly because automated electric vehicles have fewer components and are easier to manufacture. But also, because automation calls for information technology and artificial intelligence (AI) outside the domain of the traditional car industry. We see that major technology and software companies like Google and Baidu are a serious threat to the established industry. At the same time, we see that public transport services established with highly automated shuttle buses and automated taxi services created by companies like EasyMile and Uber who embrace the inherent opportunities in the new disruptive technology. They have a market and a head start the traditional car industry is trying to make up for. Yet, automated shuttle bus providers are not leading technological development race. When it comes to the technology, sensors and systems needed for highly automated vehicles it is the private passenger car market that sits in the driver seat for technological development of systems for highly automated vehicles (SAE level 3-5). Highly automated shuttle busses follow the same virtual track every time, while highly automated passenger cars are more flexible. They can change lane, overtake and make evasive actions to avoid accidents. Shuttle busses currently stop for all obstacles until they are removed.

The business is changing rapidly, new companies appear, and collaborations between technology companies and existing industries are established. Electric vehicles have fewer parts and are easier to manufacture so that specialized knowledge within the traditional automotive industry is no longer necessary. There are major economic incentives behind the market positioning we see. The authorities in different countries are also on track trying to support their own industry as best as they can with the potential societal benefit of automated

road transport in mind. Legislation for automated vehicles is changing in many countries and new business models for automated mobility is created.

Highly automated electric vehicles can change and shape our future mobility and affect quality of life. The most important success criteria associated with higher levels of automated driving is safety. Automated Vehicles (AV's) offer the potential for reducing most accidents caused by human error. Highly automated vehicles do not exceed the speed limit, there is no driver who can fall asleep, drive under the influence of drugs or violate other traffic rules. New automated urban mobility solutions can increase the efficiency of the transport system and reduce time spent in congested traffic.

Smoother traffic flow can help in reducing energy consumption and emissions from vehicles. It can provide increased travel comfort and freedom to focus on activities other than the driving task when automated systems are active. Automated transport solutions can provide improved social inclusion by ensuring mobility for all, including elderly, disabled drivers or drivers excluded from driving today because of chronic and other health impairments. Automated transport services may facilitate access to city centers for persons and goods. Established public transport solutions such as railways may gain popularity with an environmental friendly door-to-door solution ensured by automated shuttle buses to and from transport hubs.

This literature study shows that there are many challenges and possible barriers that can slow down or stop development in the desired direction. The most important are:

- Traffic Laws, regulation and insurance legislation
- Ownership
- User Acceptance
- Technology
- Interaction with Vulnerable Road Users (VRU's)
- Interaction with regular vehicles

Legislation in Norway and many other countries only allow testing of AV's. However, an increasing number of countries establish their own laws and regulations for testing of AV's on public roads. So far, Nevada in the United States is the only state that allows permanent use of AV's in regular traffic. The legislation varies from state to state within the United States and from country to country in the rest of the world.

Harmonization of laws and regulations is necessary if AV's are to pass smoothly between states in the United States or across borders in Europe. In some cases, like Michigan, it appears that the legislation is be used deliberately to stop or hinder competition. It is required that technology companies and others who develop automated vehicles must do so in cooperation with the established automotive industry to gain access to public road testing. Some states and countries require special insurance and the insurance industry is in the process of adjusting offers. In the UK, it has been discussed to place liability at a national level. However, Volvo, as the first manufacturer, has declared that they take responsibility and cover liability if someone is injured in their automated vehicle. If automated mobility with AV's becomes a reality, as is likely, the law must permit use on public roads. Conditions for allowing this must be regulated. International standards for testing and approving such vehicles and supranational legislation is necessary to ensure secure and safe automated transport with highly automated vehicles for persons and goods across national borders.

Changes in ownership of vehicles can promote or inhibit development of AV's and shuttle bus services. If we just develop and exchange manually driven vehicles with privately owned AV's then the adoption of AV's will be slow (15 + years) and we will not reach desired goals for traffic efficiency and traffic emissions or accessibility objectives for many years. Individual transport and ownership will potentially increase if we only trade today's passenger car with automated cars of the same type and use. New user groups will be able to use such vehicles as driver requirements vanish and people will potentially drive more depending on e.g.

availability of parking spaces and cost of travel. We can only achieve the desired transport policy goals with substantial changes to ownership, increased car sharing and public mobility services. Private cars are mostly parked, almost 90% of day and night, either at home or at work.

User acceptance is a key factor for development of AV's and highly automated shuttle bus services. Automated vehicles must have sufficient safety, predictability and comfort. They must also be protected against hacking and safeguard privacy. If users do not find what AV's offer, or AV shuttle bus services attractive, then development may be seriously delayed or find other directions.

The technology itself can be a barrier to introduction of AV's and Automated shuttle bus services. Automated vehicles still have trouble finding their way under challenging weather and conditions with a lot of rain, snow, slush or in sandstorms. Roads covered with snow can be hard to find and sensors can be packed full of snow. Automated vehicles must be developed to handle all conditions and handle such situations as well or better than driver-controlled vehicles, to be a worldwide success.

We see from the literature study that some AV and automated shuttle bus solutions require separation between automated vehicles and Vulnerable Road Users (VRU). Potential problems related to interaction with VRU's must be solved if shared road space is to be used for highly automated vehicles as they will in principle stop for all obstacles including VRU's. As such, they are not a safety risk, but it may seriously affect traffic flows. In city traffic, traffic can be completely jammed at junctions where pedestrians and cyclists dominate. They will potentially stop all AV's if there is a steady flow of VRU's. It will reduce traffic flow and potentially have a detrimental impact on environmental benefits. To solve this interaction in a shared road network, AV's must learn to communicate, become predictable and negotiate right of way.

Interaction with ordinary manual vehicles can also be a challenge. AV's will in principle comply with all laws and regulations conservatively. This may cause a breach of expectations and traffic culture. Altogether 19 of 21 accidents with Google's vehicles are due to such expectancy violations where regular drivers expect Google vehicles to drive at yellow traffic signal. To their surprise the AV's suddenly stop with rear-end collision as a result. To avoid such accidents, AV's must be easy to identify for other road users. Software adjustment needs to be adapted to suit local traffic culture and behavioral expectations in different traffic situations. Google has filed a patent on software to resolve how Google's vehicles handle the dilemma zone at traffic signals.

Europe has a leading position in developing and testing public mobility services and automated vehicles for urban use. Automated vehicles you can share with others, order as a taxi door to door or as a delivery service to and from the public transport hubs. The EU has funded demonstrations and pilots with small automated shuttle buses in 10 cities across Europe in the CityMobil2 research program. Two French companies, EasyMile and Navya, and Dutch 2getthere have emerged as leading commercial providers of automated shuttle buses. EasyMile delivered most shuttle buses used in the CityMobil2 project and launched a separate demonstration in the Netherlands under the name of WEPod. The company 2getthere also established the first permanent line for automated shuttle buses on public roads in the Netherlands already during the first CityMobil project. The Rivium (NL) line is equipped with magnetic transponders for ease of navigation. It has been discussed whether the Rivium infrastructure requirements are necessary or whether the technology on board the automated shuttle buses is sufficient for safe navigation and traffic negotiation. Recommendations from CityMobil2 are to develop AV's for a shared infrastructure. That implies flexible AV's that are not dependent on magnets or other transponders in the street road or in the roadside. Norway and other countries with snow covered streets and roads may have to seek to establish infrastructure for "snowmatic" driving. Automated driving on roads and streets with snow where road marking and contours of the road's further course are wiped out or where snow and slush obstruct the sensor system from working, is a challenge. Little has been done to solve these challenges so far. Norwegian R&D companies

could take a leading position on snowmatic driving. Should automated mobility be a full year service in Norway, the technological barriers for safe snowmatic driving must be solved for all road, weather and traffic conditions. The standard of winter maintenance may be improved, but it will not ensure mobility at all times. There are promising snowmatic technology and software solutions for both vehicles and infrastructure that should be developed and tested on Norwegian roads and streets. Singapore has experienced similar challenges when operating AV's and shuttle bus services during heavy rain. Singapore is in the tropical belt and has a heavy rainfall one or two times a day.

We see European manufacturers of highly automated buses take market shares outside of Europe as well. Navya, which has entered into an agreement with the Swiss carrier CarPostal to operate automated shuttles in the Swiss city of Sion, has now also signed an agreement with the Contra Costa Transportation Authority in California to test the automated shuttle buses in two business and office areas on the outskirts of San Francisco. The company 2getthere has established a permanent service with automated shuttles in Abu Dhabi.

Automated mobility in urban areas is today characterized by low-speed, automated vehicles and high automation. These Cyber transport solutions according to CityMobil may be categorized into the following functional groups:

- PRT (Personal Rapid Transport)
- Automated passenger cars (self-parking, dense traffic automation and ultimately taxi functionality)
- Automated city bus
- Automated urban freight transport

There are permanent Cyber-transport services operating at low speed in mixed traffic and /or on dedicated road areas. The trend is to develop new types of automated vehicles for urban mobility in mixed traffic. For example, "cybercars" (automated shuttles or "shared car services), automated city buses, "robotaxi's" (automated cab) and dual-mode vehicles operating both in manually and automated mode.

Personal Rapid Transport (PRT) is developed for fast transportation with small (pods) vehicles on dedicated infrastructure, potentially over longer distances and shuttle buses for more local door to door service.

Automated parking is already an established functionality, with driver's passive presence in the driver seat. Automated parking without driver in the car is currently only allowed in Nevada. Automated parking without people in the car will be promoted as changes to legislation allow the use of highly automated vehicles on public roads in more US states and other countries. The automotive industry claims the vision is a gradual transition to more and more automation. They are working on dual-mode vehicles that gradually become automated. First out are offers of automated parking functionality in and out of parking spaces and car parks via smart phone or keycard functionality. The driver waits outside, but can monitor and possibly stop the car if needed.

The automotive industry also develops automated solutions for automated driving in dense traffic. This is a continuation of cruise control and adaptive cruise control that allows highly automated vehicles to drive in automated mode in dense traffic at speeds of around 30 km / h. AV's are being developed both within the traditional automotive industry and by new tech companies. Technology companies like Tesla, Uber, Google and Baidu aim develop highly automated vehicles (SAE levels 3-5) that can operate at normal speeds under all conditions. They challenge the traditional automotive industry, and some of them now aim directly at highly automated vehicles at SAE level 4, e.g. Volvo and Nissan. They skip SAE Level 3 and develop vehicles that can be automated at both low speed and high speed on urban highways.

Automated city buses with capacity for 40-50 passengers are under development. In a transition phase, the bus is monitored by a driver but the goal is that they can be monitored and remote controlled from a control center if necessary. Such buses have been tested in Europe, China and Singapore. Singapore claims they will establish a permanent service for such buses on public roads during 2017.

Automated urban freight transport can potentially solve many challenges in urban logistics and improve urban environment. Highly automated HGV's (trucks) for long hauling are also being developed. These will be able to operate in automated mode (platooning) with a driver in the cab and sleeping / resting drivers in the ones that follow. The goal for platooning is to operate without driver, not only between cities but also all the way to the terminal or delivery point in town. Scania is a leading developer of platooning in Europe. Otto and Daimler have had successful pilot trials with automated HGV's across the United States.

Uber takes advantage of the capacity of its taxi fleet and now offers parcel delivery when there are no customers in the car. Such services have been launched in Los Angeles and Shanghai. In the long run, this transport of parcel delivery service will take place with automated electric vehicles that are monitored and possibly remote controlled from a control center.

Small robotic trolleys or carts has for several decades been used as closed-area applications in the industry, hospitals and similar areas (St Olavs Hospital in Trondheim, Starship Robots, etc.). The 22 robot trolleys at St. Olav hospital have been operating for 13 years and carry 1000 trolleys of goods internally at the hospital every day. They operate in the hallways, use lifts in interaction with staff, patients and guests at the hospital. Only one accident with these robotic trolleys is recorded within 13 years of use. They warn about their presence and communicate with people in local dialect.

The development race of AV's is intense. Billions are used to develop sensors, hardware, software and 3D maps, as well as for testing in different traffic situations under different types of driving conditions. Although the road map up to automation on SAE level 5 is unclear, intermediate levels of automation are visible. Level 2 is a reality with Tesla's Autopilot. The most advanced automakers have announced the release of Level 3 cars around 2019, but some will skip this level. The first Level 4 cars are announced for 2021 with specific automated features and applications. However, automated shuttle buses are likely to be the first highly automated applications people will come to know. It can contribute to public acceptance for automated driving in general, but also give a backlash if the service does not match expectations and needs.

Automated shuttle buses are already part of the landscape in several test areas and cities around the world. They are being tested and evaluated by public and private operators. So far, there is limited scientific evidence from such testing. The most relevant data on shuttle services with highly automated shuttle buses are from the European projects CityMobil and CityMobil2. Automated shuttle buses will be the first automated vehicles many road users will experience and get used to. Not only in Norway, but also in several other countries. Already, millions of road users have used the permanent mobility services with automated buses in the Netherlands and in the Arab Emirates. Today it costs 1.5-2 million NOK for an automated shuttle bus with a capacity of 12-15 people and a top speed of 25 -30km / h. They are used or tested on predetermined routes (lines) or as an on-demand service on your smartphone within geo-defined areas. Most of them are currently operating on virtual tracks, which are ideal for specific urban environments, such as city centers, university and business areas, industrial areas, residential areas or amusement parks.

Such automated electric shuttle buses have now been tested in Paris, La Rochelle, Las Vegas, London, Lausanne, Taipei, Singapore and Dubai. Mostly as a last mile service, but in some cases as a permanent line. Automated urban transport of goods opens a new market and opportunities for AV's. Several established car manufacturers (Volvo, Volkswagen, Nissan) and challengers like Uber and Google are aiming to offer automated taxis. Daimler and Bosch have entered into a partnership to develop automated taxis at Level 4 by

2020. Key manufacturers like Navya, Easymile, 2getthere and, to some extent, Local Motors have already gained experience from use under different traffic conditions. Alstom, a major manufacturer and service provider in the rail sector, is investing in Easymile to expand their range of services. Keolis is an established transport company that has invested in Navya to offer automated shuttle buses.

Operators who are good at organizing transport services aim to operate fleets of automated shuttle buses. Among other, BestMile, which is a leading provider of systems for shipment, route planning, energy efficient transportation, operator systems and user interfaces towards customers. Ridecell specializes in car sharing systems (ride sharing) and is now in partnership with manufacturers of shuttle buses.

Currently there is very little available research on operational experience and user acceptance from the various pilot projects around the world.

There are reports of accidents involving automated vehicles on SAE level 2, mostly, Tesla's "Autopilot". They have had several collisions with parked cars on the highways, where only part of the car sticks out in the roadway. This leads to questions about sensor and software reliability. There have so far been two fatal accidents. One in China September 2016 where a driver died after a collision with a parked truck halfway to the side of the road. A fatal accident where a HGV crossed the path of a Tesla (left turn) with resulting collision is more thoroughly documented. The US Accident Investigation Board has proven that neither the driver nor the car managed to see the semitrailer in time to intervene. The radar saw a clear road under the trailer, and the video system was put out of play with low sunlight (white out) in the seconds before the accident. The Tesla had no information about the height of its own vehicle. Without this information, the software could accept a low opening, even if it is not high enough for the car to pass. The only accident that has occurred after 13 years of operation by robotic trolleys at St. Olav is of the same type. The robot trolley saw a clear path between the legs of a step ladder, but the robotic trolley crashed into the ladder with a person on top of it, when it attempted to pass. Without its cargo, the robotic trolley could have passed, yet there is no information in the software of trolley size.

As mentioned above, Google has had 21 accidents with its vehicles. All but two (lane change / junction) are due to driver failures from manually controlled cars they have interacted with. All are rear-end accidents at intersections controlled by traffic light where the driver of the manual driven car expects the Google car to cross the stop line on a yellow light. Google has now patented automation of the "dilemma zone", a system that calculates and allows Google cars to drive on yellow light.

Uber has had at least two-lane change accidents.

The overall accident picture shows that we must expect some new types of accidents with highly automated vehicles, but far fewer than with manually driven vehicles. In addition, automated vehicles learn from each and can share learning with other automated vehicles.

We must expect that such accidents with automated vehicles will attract a lot of attention in media in the years to come, also when such accidents occur in Norway. The news of the first accident with a highly automated shuttle bus in Las Vegas (8 Nov. 2017), spread rapidly in the media world-wide. The accident was due to the fact that a lorry was backed into an automated shuttle bus that was standing still. Yet, the media focus was on the automated shuttle bus.

Interaction between non-automated vehicles and highly automated vehicles will be a challenge in mixed traffic: a) because AV's behave unexpectedly (expectation breaches) and b) because they follow the rules and regulations, perhaps too conservatively.

We must distinguish between accidents that might have been averted and those who are unavoidable, whether it's a driver or a computer behind the wheel. When the Google car is hit sideways at a junction by an ordinary car coming at high speed and the ordinary car is driving on red light, then it is an accident neither the computer nor a skilled driver could have managed to avoid because of limited sight distances, the other car's speed and time to collision.

However, when AV's collide at low speed in a lane change operation, where there are no blind zones, then questions about sensor capability and the software reliability must be addressed and improved.

All circumstances around an accident is not always clear immediately after the incident. It is an important for researchers to gather knowledge about such accidents and to follow developments over time.

Finally, there is some research on people's attitudes towards automated vehicles. Twenty studies from different countries clearly show that attitudes have changed from negative to predominantly positive over a 20 years period, in which the studies have been conducted.

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.0	2017-14-12	Sluttrapport

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn og hensikt	21
2	Metode	22
3	Automatisering av føreroppgavene	22
4	Teknologi og sensorer i et automatisert kjøretøy	27
4.1	Automatiseringsnivåene	29
4.2	Autonomt eller automatisert?	31
4.3	Automatiserte kjøreoppgaver og funksjonelle bruksområder	31
5	Initiativ og prosjekter i ulike land	33
5.1	Mobilitetsscenarioer: Lisboa	33
5.2	USA	33
5.3	Europeiske prosjekt med automatiserte tilbringertjenester	37
5.4	Erfaringer og anbefalinger fra CityMobil2	40
5.4.1	Infrastruktur	40
5.4.2	Praktiske erfaringer	41
5.5	United Kingdom	42
5.6	Frankrike	42
5.7	Nederland	43
5.8	Tyskland	45
5.9	Sverige	46
5.10	Finland	46
5.11	Danmark	47
5.12	Spania	47
5.13	Sveits	48
5.14	Norge	48
5.15	Singapore	50
5.16	Japan	51
5.17	Sør-Korea	52
5.18	Kina	52
5.19	Australia	53
5.20	Forente Arabiske Emirater	54
6	Potensielle effekter av automatiserte kjøretøyer	55
7	Utfordringer og barrierer mot innføring	56

8	Konklusjoner	58
8.1	Trender.....	58
8.2	Suksesskriterier	60
8.3	Automatisert mobilitet i by.....	61
8.4	Forskning på effekt av automatisert kjøring.....	63
9	Referanser.....	65
Appendix 1: Prosjekt oversikt		67

Figurer

Figur 1: Automatisering av kjøreprosessen innebærer en utvikling der kjøretøyet tar over flere og flere oppgaver. Til slutt er hele kjøreprosessen styrt av kjøretøyet datamaskin og programvare.	23
Figur 2: Trender som muliggjør automatisert transport på veg.	24
Figur 3: Enorme automatiserte kjøretøy i bruk innen australsk gruvedrift	25
Figur 4: Varelevering med automatiserte robot traller på fortau og gangveier	25
Figur 5: Presseoppslag om automatisert mobilitet.	26
Figur 6: Teknologier og sensorer som inngår i autonome og automatiserte kjøretøy (Kilde: MIT Technology Review 2013).....	27
Figur 7: Byggesteiner i realiseringen av automatiserte kjøretøy.....	28
Figur 8: Teknologi utviklere - tilbydere	29
Figur 9: automatisert lastebil fra det Uber eide transportselskapet Otto	29
Figur 10: Nivåene for grad av automatisering i henhold til SAE J3016.	30
Figur 11: Dynamisk kjøreoppgaver som kan helt eller delvis overtas av kjøretøyet datamaskin (DDT-Dynamic Driving Task).....	32
Figur 12: Funksjonelle dimensjoner i forventet utvikling for automatisert kjøring og parkerings-system.	32
Figur 13: Den første piloten med automatiserte matebusser i USA, åpnet i Las Vegas 11. januar 2017, med Navya's ARMA shuttle	34
Figur 14: Status for innføring av lovverk som tillater test og bruk av selvkjørende kjøretøy i USA. y. Kilde: Eno Center for Transportation policy, juni 2017. https://www.enotrans.org/article/adopting-adapting-state-policies-automated-vehicles/	35
Figur 15: I Ann Arbor Michigan er det etablert et større lukket testområde for høyt automatiserte kjøretøy.	36
Figur 16: Europeiske byer og land involvert i CityMobil2.	39
Figur 17: Rammeverk for implementering av Automatiserte Mobilitets System (AMS) i bymiljø.	40
Figur 18: Automatiserte minibusser i Rivium.....	43
Figur 19: Rivium 2. Verdens første automatiserte transportsystem på offentlig veg.	44
Figur 20: En av stasjonene i Masdar PRT, Abu Dhabi.	44
Figur 21: Rute for selvkjørende skyttelbusser i Sion, Sveits	48
Figur 22: Oppslag om innføring av automatiserte busser i Aftenposten	49
Figur 23: Automatisert skyttelbuss fra Easymile demonstrert på NTNU i 2017.....	50
Figur 24: Test av selvkjørende kjøretøy pågår for test og sertifisering av utstyr og kommunikasjon. Alle veger er lovlig testarena Kilde: ITS Norge	52
Figur 25: Verdens første test av vanlig rutebuss over en 36km lang strekning i Kina 2015.	53
Figur 26: Trender og drivere.....	56

Tabeller

Tabell 1: Kjennetegn ved utvikling og status innen automatisert vegtransport for USA.	37
Tabell 2: Viktige europeiske prosjekt på automatiserte transportsystem.	39
Tabell 3: Kjennetegn ved utvikling og status innen automatisert vegtransport for Europa	41

1 Bakgrunn og hensikt

Automatiserte elektriske minibusser og tilbringertjenester har potensial til å løse flere problemstillinger i transportsektoren. De kan bidra til økt kollektivtransport, økt trafiksikkerhet, redusert trengsel på vegnettet, mer miljø- og klimariktig transport tilpasset brukerbehov (dør-til-dør) og ønsket prioritering mellom forskjellige transportformer. Hensikten med en satsing på automatiserte miljøvennlige tilbringertjenester er å nå nasjonale mål innen klima, trafikkavvikling og trafiksikkerhet samt å støtte norsk næringsliv i utvikling av nye teknologier og tjenester innenfor en ny æra av automatisert mobilitet.

Utpøving av automatiserte kjøretøy i Norge kan gi industri og forskningsmiljø muligheter for vekst og konkurransefortrinn ved at vi kan ligge i forkant av utviklingen, ikke minst i grensesnittet mellom teknologi og samfunnets utnyttelse. Norge har i mange sammenhenger vært langt fremme på teknologiutvikling i et samfunnsperspektiv, noe som både gir kostnadsreduksjoner og økt konkurransekraft via innovasjoner. Variasjoner på vegnettet (bla mange tunneler uten GPS dekning), krevende topografi, samt særlige klimatiske forhold i Norge kan være utfordrende å håndtere. Dette kan også være et konkurransefortrinn i FOU sammenheng. Teknologi som fungerer under krevende norske forhold, vil også fungere andre steder, med lignende utfordringer.

Prosjektet Grønn tilbringertjeneste (*SmartFeeder*) skal skape kunnskap om hvordan automatiserte kjøretøy kan bidra til et bedre kollektivtilbud gjennom å dekke den første og/eller siste etappen av en reise.

Høyt automatiserte kjøretøy er i rask fremvekst, og det har vært arbeidet politisk for å endre regelverket slik at denne type kjøretøy kan introduseres i fremtiden i Norge. Forslag til ny lov om prøving av selvkjørende kjøretøyer² åpner for pilotprosjekt på norske veier. Loven forventes vedtatt vinteren 2018. En rekke norske byer har gjennomført demonstrasjonskjøring på dispens av automatiserte skyttelbuser. Flere byer følger nå opp med planer om mer langvarige piloter.

Prosjektet vil følge tre av disse pilotene for å utvikle kunnskap basert på erfaringene som gjøres i utpøvingen. Vi vil studere suksesskriterier, barrierer og eventuelle showstopper i pilotene og vurdere hvilke rammebetingelser som må være på plass for å sikre en smidig innføring av automatiserte tilbringertjenester. De viktigste forskningsutfordringene er knyttet til:

- Aktørers krav og forventninger
- Konsekvenser for mobilitet, sikkerhet, trygghet og miljø
- Brukerbehov, aksept og endring i reisevaner
- Tekniske ytelser av automatiserte kjøretøy under norske klimatiske forhold og trafikkultur
- Vurdering av lover og regelverk for permanent innføring av automatiserte kjøretøy i blandet trafikk
- Verdinettverk og økonomi
- Utvikling av evalueringsmetodikk for automatiserte kjøretøy og støttesystemer
- Utvikling av støttesystemer basert på samvirkende ITS (C-ITS)

² Prop.152L (2016-2017) Lov om utpøving av selvkjørende kjøretøy

Smarte tilbringertjenester vil gjøre det mulig å helt eller delvis tilpasse kollektivreisen til den enkelte reisendes behov, og dermed øke attraktiviteten på bekostning av privatbilen. Ambisjonen er at løsningene skal ha så høy kvalitet at de fremstår som et reelt alternativ til å kjøre egen bil. Automatiserte busser skal implementeres hvor det er ikke lønnsomt å ha buss med sjåfør og regelmessige avganger.

Prosjektet skal ikke utvikle tekniske løsninger knyttet til automatiserte busser og biler, men fokusere på hvordan automatiserte kjøretøy kan inngå i og bidra til forbedring av kollektivtilbudet og medvirke til en grønn omstilling hos de reisende. I en litteraturgjennomgang er det likevel naturlig å ta med noe om den teknologiske status på området. Teknologi er en av flere sentrale brikker enten vi fokuserer på suksesskriterier eller barrierer mot innføring av høyt automatiserte kjøretøy.

2 Metode

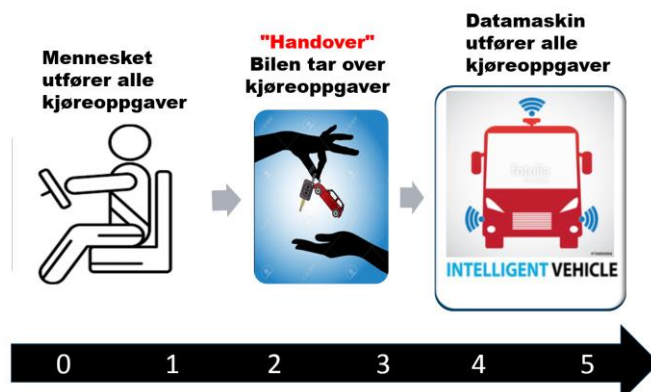
Arbeidet er i hovedsak utført som en litteraturgjennomgang. Søk etter litteratur i vitenskapelige databaser ble gjennomført med utvalgte søkeord. Litteratursøk ble gjennomført i databasene tilgjengelig gjennom universitetets (NTNU) og SINTEFs publikasjonsavtaler. Dette inkluderer flere viktige databaser som Science Direct og Scopus. Søk er også gjort gjennom Google Scholar i proceedings fra relevante konferanser og hjemmesider til utvalgte forskningsprosjekt (eksempelvis CityMobil2).

Artikler og omtaler av automatisert transport er også innhentet via forespørsler direkte til fagpersoner i SINTEFs faglige nasjonale og internasjonale nettverk. Blant annet gjennom pågående prosjekter og deltakelse i relevante lukkede grupper på LinkedIn. Det er begrenset vitenskapelig dokumentasjon på mange av de omsøkte tema. Teknologien er i rask utvikling og det er begrenset eksponering i trafikk eller kunnskap fra storskala implementering. Det er på den bakgrunn også søkt på nettet etter mer populærvitenskapelige artikler som problematiserer utvikling på området. Mer populærvitenskapelige artikler er innhentet via faglige grupper og ved å følge utvalgte fagpersoner på Twitter.

I tillegg er valg av litteratur basert på forfatterens tidligere erfaring og kunnskap, selv om dette materialet er ikke offentliggjort i databaser. Litteraturen er analysert og sammenstilt slik at sammenhengen klargjøres.

3 Automatisering av føreroppgavene

Automatisert kjøretøyteknologi tillater overføring (handover) av føreroppgaver fra en menneskelig sjåfør til et datasystem (Figur 1). Automatisering, og spesielt digitalisering, av kjøring vil endre vegtransport på en måte som kan betraktes som et paradigmeskift og en revolusjon innen mobilitet på veg. Ettersom menneskelig feil er en hovedårsak til vegtrafikkulykker, forventes det at kjøring som automatisk styres av en datamaskin, gjør fremtidig vegtransport tryggere og sikrere. Det har også potensial til å gjøre transport mer miljøvennlig, gi mer effektiv trafikkavvikling og øke tilgjengelighet. Det forutsetter at visse viktige utfordringer og mål for automatisert mobilitet oppfylles på en tilfredsstillende måte (se kapittel 5-6).



Figur 1: Automatisering av kjøreprosessen innebærer en utvikling der kjøretøyet tar over flere og flere oppgaver. Til slutt er hele kjøreprosessen styrt av kjøretøyet datamaskin og programvare.

Automatiserte kjøretøyer tar egne beslutninger om retning, hastighet og oppførsel i trafikken basert på informasjon innhentet gjennom kjøretøyet sine egne sensorer og kommunikasjonssystem. Automatiserte kjøretøyer kan gå i fast rute eller styres til ønsket destinasjon ved at passasjerer tilkaller kjøretøyet og trykker på en knapp for ønsket endepunktadresse.

Mye av teknologien som inngår i automatiserte kjøretøy er utviklet over lang tid (førerstøttesystem). Førerstøttesystemene og robotikken har nådd et tilstrekkelig modenhetsnivå til å anvendes i trafikk. Bruken av reguleringsteknikken og algoritmene (*robotikken*) som tolker og agerer på samordnet sensorinformasjon er imidlertid av nyere dato.

Automatiserte kjøretøy kan operere:

1. Fjernstyrt - overvåket og/eller kontrollert utenfra
2. Autonomt - utelukkende basert på kjøretøyet sine egne sensorer
3. Samhandlende - basert på kjøretøyet sine egne sensorer og annen veginformasjon (*C-ITS, V2X*)

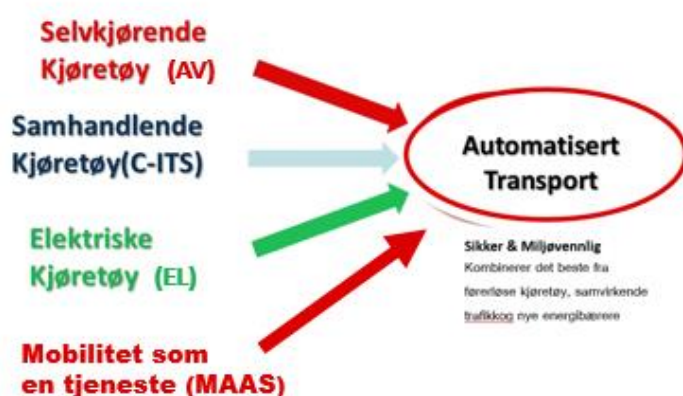
Kombinasjoner av operasjonelle modi (1-3) er mulig.

Vi ser spor av en ny æra for automatisert mobilitet innen alle transportformer. Ubemannede tog har vi hatt lenge, en rekke steder i verden. Metroen til Ørestaden i København er et eksempel fra vårt nærområde. Trondheimsfjorden er nylig etablert som nasjonal testarena for ubemannede fartøy til sjøs. AVINOR utvikler i samarbeid med Kongsberg og Øveraasen AS automatiserte brøytebiler for brøyting av flyplasser i Yeti prosjektet (Jenssen, 2014).

Vi ser at teknologien og systemutvikling innen fire områder har samtidig nådd et modenhetsnivå som i kombinasjon skaper grunnlag for nye mobilitetsløsninger:

1. *Robotikk*: konstruksjon, elektronikk og programmering
2. *Digitalisering*: Den enorme mengden data som trengs for automatisert kjøring innhentes via kamera og sensorer i sann tid og prosesseres av kraftige datamaskiner i løpet av brøkdelen av et sekund
3. *Nye energikilder*: Batteriteknologien for el-biler er kraftig forbedret og *plug-in* hybrid biler er på markedet. Det gjør at automatiserte biler også er mer miljøvennlige enn tradisjonelle kjøretøy på fossilt brennstoff.
4. *Telekommunikasjon*: Kjøretøy kan være tilkoplede trådløse nettverk, utveksle informasjon bil til bil eller med vegkant/veggholder.
5. *MAAS*: Mobilitet som en tjeneste der transportressurser deles og sømløse transport tilbud etableres.

Digitalisering og nyvinninger innen telekommunikasjon gjør at kjøretøy kan kommunisere og utveksle informasjon med hverandre, med infrastruktur eller tjenesteleverandører. Det åpner for at automatiserte kjøretøyer kan vite hva som er rundt svingen, bak hjørnet eller over bakketoppen, - utenfor umiddelbar rekkevidde av sensorer i kjøretøyet.



Figur 2: Trender som muliggjør automatisert transport på veg.

Det er en rekke trender som gjør at det nå åpner seg mulighet for en ny æra med miljøvennlige, automatiserte og fleksible transportløsninger for personer og gods (**Figur 2**).

Vi har lenge hatt automatiserte kjøretøy på avgrensede og lukkede områder. Vi har automatiserte dumpertrucks i gruvedrift, fjernstyrte og selvstyrte traktorer innen jordbruk, militære droner og automatiserte robottraller i havner og industrianlegg. Enorme automatiserte kjøretøy har vært i bruk innen australsk gruvedrift siden 2011. En sjåfør må ta over føreroppgaven før kjøretøyet blir sittende fast i den myke veien. Suncor Energy Inc. skal fortsette med tester i 2017 for å evaluere kjøretøyene (**Figur 3**).



Kilde: Suncor, 2013.

Figur 3: Enorme automatiserte kjøretøy i bruk innen australsk gruvedrift

Staten Ohio i USA ble Juli, 2017 den femte staten til å godkjenne en lov som tillater bruk av leveringsroboter på fortau og gangveier (**Figur 4**). De må veie mindre enn 90 pounds og reiser med en maksimal hastighet på 10 miles per time.

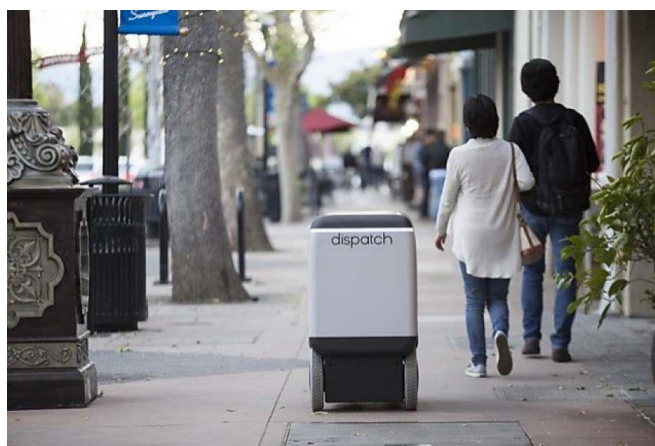


Foto: Dispatch (2017)

Figur 4: Varelevering med automatiserte robot traller på fortau og gangveier

Lignende lovendringer har allerede blitt vedtatt i Wisconsin, Idaho, Florida og Virginia i løpet av 2017. De fem statene inkludert Washington, D.C. som vedtok lovendring i 2016, har godkjent en spesiallovgivning – *Personal Delivery Device Pilot Act of 2016* - som tillater sekshjulede ubemannede enheter på distriktets

offentlige fortau og gangveier. Men de opplever utfordringer knyttet til markedet med å finne en god forretningsmodell.

London-baserte *Starship Technologies* har vært pådriver for å få nye lover og forskrifter godkjent. Selskapet har sendt lobbyister for å informere lovgivere om teknologien og bidra til godkjenning av lovene i alle de fem statene. *Starship Technologies* er en av flere teknologiselskaper som har som mål å tilby en rask og rimelig automatisert varelevering og budtjeneste, slik at forhandlere kan levere varer som pizza, blomster og dagligvarer til nærliggende kunder. *Starship Technologies* roboter er kategorisert som ubemannede kjøretøyer (Unmanned Ground Vehicles, UGVs) og er et segment av et større voksende robotikkmarked.

Forskningsfirmaet *Technavio* forutsier at det samlede markedet for UGV'er, postsorteringsroboter og droner som leverer produkter til kunder fra varehus eller produksjonssteder, vil øke fra \$ 15 millioner i 2015 til \$ 54 millioner innen 2020 (Technavio).

Det er først i dag at bitene begynner å falle på plass og åpner for reelle muligheter for automatiserte kjøretøy (Figur 5).



Er dette framtidens Oslo-trafikk?

Haka er at vi må avskaffe privatbilismen: Ruter ønsker seg en flåte av selvkjørende kjøretøy. Målet er 50 allerede til neste år.

Kilde: Dagsavisen



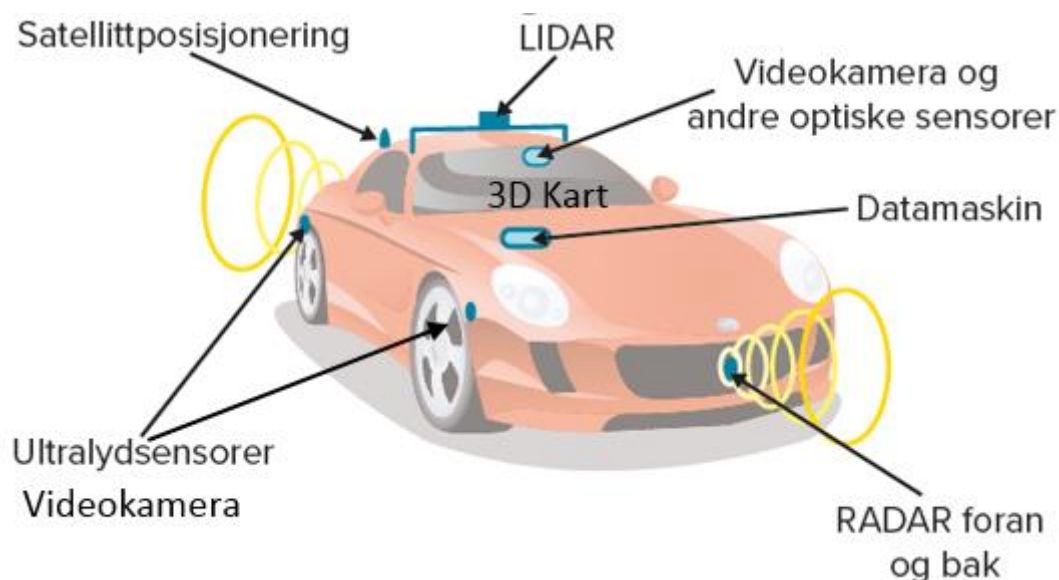
Kilde Adressa

Figur 5: Presseoppslag om automatisert mobilitet.

En moderne bil har et eget internt kommunikasjonssystem (Controller Area Network, *CAN-Bus*). Små datamaskiner og kontrollkretser kan håndtere store datamengder og regnekraften har blitt nærmest gratis. Nødvendige sensorer har krympet i størrelse og blitt billige. LIDAR sensorer er nå så små at det er plass til 10 stykk på arealet av en femkrone og radar på størrelse med et lite innvendig speil kan få plass bak frontruten. Til sammenligning var radar og Lidar system BMW og Mercedes testet på 80-tallet på størrelse med et salongbord festet på taket eller i beste fall som på størrelse med en varmepumpe festet til grillen (Meinel & Boch (2017)). Med elektrisk fremdrift har kjøretøyene generelt blitt enklere i konstruksjon og rekkevidden stadig bedre.

4 Teknologi og sensorer i et automatisert kjøretøy

Selv om den teknologien for automatisert kjøring (**Error! Reference source not found.**) varierer noe fra kjøretøy til kjøretøy, så har de alle en felles grunnpakke (MIT 2013). Mye av den samme teknologien er en forutsetning for automatisert kjøring enten det er automatisert kjøring med biler, busser eller trailere. For å fastslå bilens posisjon og navigering er satellittmottaker og GPS programvare nødvendig.

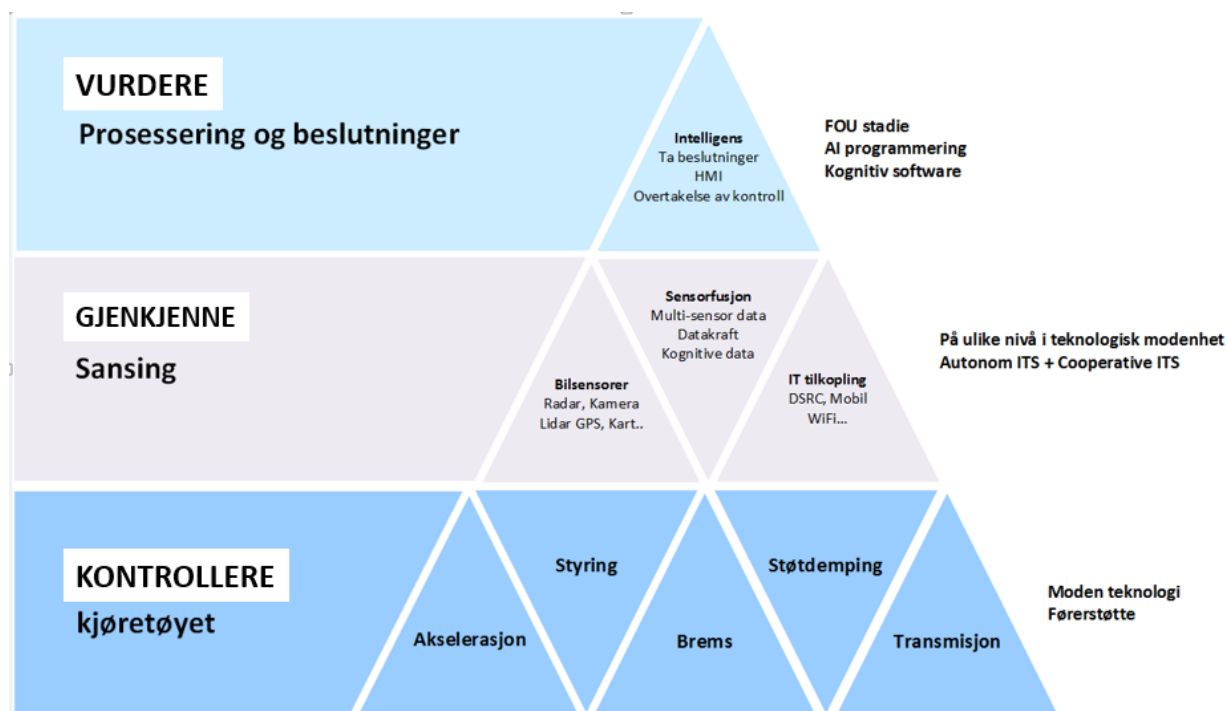


Figur 6: Teknologier og sensorer som inngår i autonome og automatiserte kjøretøy
(Kilde: MIT Technology Review 2013)

Posisjonssensorer plassert i hjulkapslene bidrar også til å fastslå bilens posisjon ut fra hjulomdreininger. Dette er en orienteringssensor i bilen som registrerer bevegelse og balanse (gyrosensor). En laserskanner eller LIDAR plassert på taket gir 360 graders overblikk rundt bilen og bidrar til å fastslå posisjon. Informasjon om omgivelsene (e.g. trafikklys, andre kjøretøy, hindringer) sanses også gjennom videokamera plassert på hvert hjørne av bilen og bak frontruta. Koplet opp mot 3-D kart av vegens omgivelser hjelper det bilen å gjenkjenne konturer, vegens videre forløp, landemerker og trafikanter rundt bilen. Alt som bilens sensorer registrerer tolkes av programvare for å avgjøre om det er fotgjengere, syklist, et kjøretøy eller noe annet. Programmet bruker det det har lært fra tidligere kjøreturer og slutter seg til hva trafikantene vil foreta seg. Programmet analyserer informasjonen for å avgjøre om det er trygt å akselerere, svinge eller bremse. De kan også dele slik læring fra kunstig intelligens (AI) med alle andre kjøretøy av samme type. Tesla og Volvo har blant annet utviklet sky-løsninger der de deler læring. Programvaren kan oppgraderes trådløst. Det diskuteres om slik informasjon skal være proprietær eller offentlig tilgjengelig av alle. Statens vegvesen har blant annet hatt en slik diskusjon med Volvo om eierskap til slike data i et prosjekt (Road Surface Information, RSI) der bilen som sensor kan samle inn og varsle både andre kjøretøy og vegholder om glatt veg og behov for vintervedlikehold.

Historisk sett har utviklingen som ligger til grunn for realiseringen av automatiserte kjøretøy foregått over et langt tidsrom og i etapper. Først har fokuset vært på teknologi og systemer som kontrollerer kjøretøyet i lengderetningen og sidevegs (**Figur 7**), med kontroll av akselerasjon, bremsing og styring med mere. Dette er såkalte førerstøttesystemer (Jenssen 2010). Dette er en moden teknologi som har vært på markedet i flere tiår. Dernest har fokus vært på sensorsystemer med utvikling av kjøretøysensorer som radar, Lidar, kamera, GPS

og 3-D kart. Det har også vært en rivende utvikling av kommunikasjonssystemer og teknologi som sørger for at kjøretøyet er oppkoplet og pålogget til enhver tid. *Sensor fusion* har også hatt stort fokus. Det vil si samvirke og koordinering av informasjon fra ulike sensorsystem. Denne teknologien er på ulike nivå i modenhet.

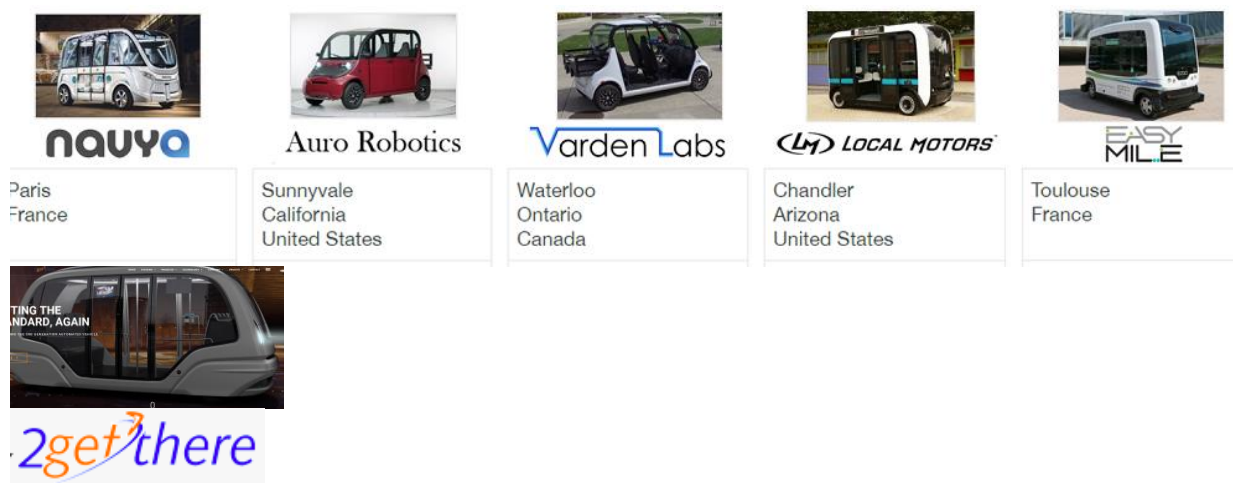


Figur 7: Byggesteiner i realiseringen av automatiserte kjøretøy.

Den siste byggesteinen er kunstig intelligens (AI) og det som kalles *Kognitiv programvare*. Dette er teknologi og programvare for dataprosessering og beslutning av kjøretøyet's handlemåte. Denne teknologien og programvaren har en kort historie og har ikke vært utprøvd på veg i blandet trafikk før Google startet sin utprøving i Nevada for knapt fire år siden.

Sett på bakgrunn av historikken har det skjedd en gradvis evolusjon, men det er ingen tvil om at utvikling på en rekke tilgrensende områder nå gjør at automatiserte kjøretøy på SAE nivå 3-4 plutselig kan bli en realitet. Slike plutselige endringer kalles paradigmeskifter eller revolusjon.

For øyeblikket er det raskest utvikling av teknologi for automatiserte personbiler og taxier (*Cybertaxi*). Men utviklere og leverandører av automatisert teknologi både for tyngre kjøretøy, busser og skyttelbusser henger godt med i utviklingen (**Figur 8**).



Figur 8: Teknologi utviklere - tilbydere

Transportfirmaet *Otto* ble i 2016 kjøpt opp av *Uber* som nå utvikler automatiserte lastebiler. De gjennomførte nylig en vellykket kjøretur på motorveg på tvers av USA med en automatisert lastebil (Figur 9).



Figur 9: automatisert lastebil fra det Uber eide transportselskapet Otto

Permanente ruter for automatiserte skyttelbusser er etablert blant annet i Nederland og i Masdar City, Abu Dahbi (UAE) (Se kapittel 4.4.6).

4.1 Automatiseringsnivåene

Det er etterhvert etablert en begrepsbruk for automasjon av SAE (Society of Automotive Engineers) som har fått internasjonal aksept. SAE har utviklet standarden J3016 (Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles), som klassifiserer fem nivåer av automasjon. Dette er en taksonomi og definisjon av et sett begreper som er akseptert av EU, den amerikanske Highway Administration (NTHSA), den tyske Federal Highway Reserach Institute, BASt og Statens vegvesen i Norge.

Nivå 0 - Ingen automasjon: Føreren må overvåke trafikkmiljøet og treffe alle nødvendige tiltak.

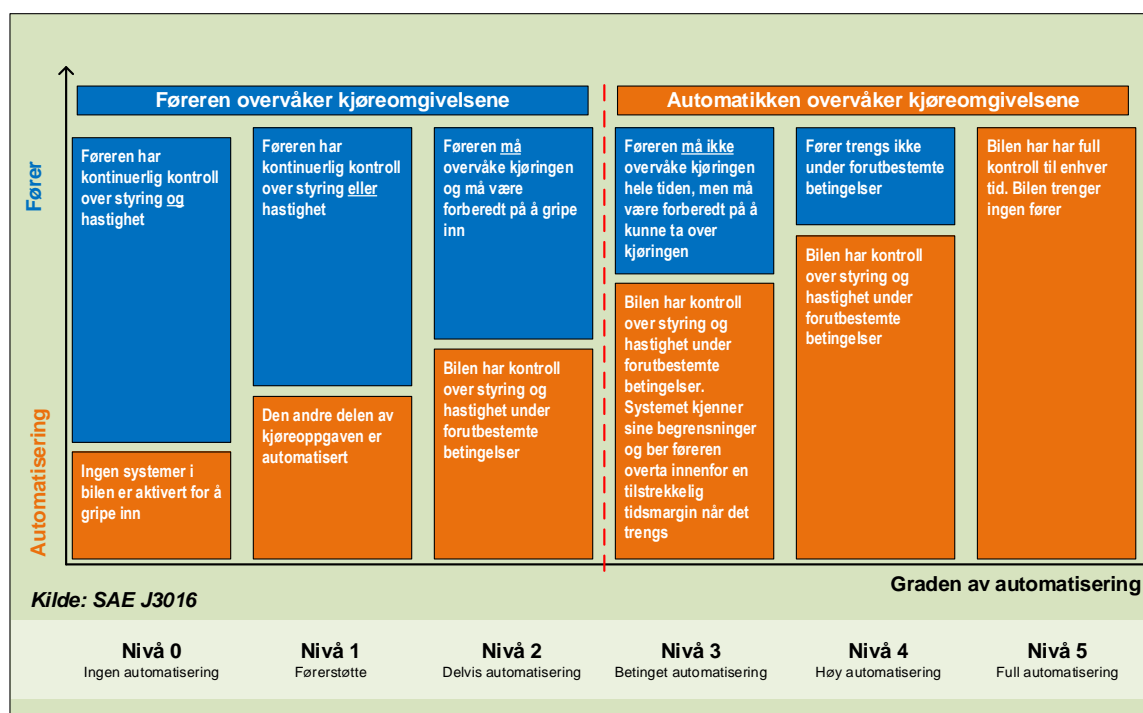
Nivå 1 – Førerstøtte: Føreren overvåker miljøet, mens systemet kan ta seg av noe styring, eller akselerasjon og bremsing. Typisk Adaptiv Cruise Control, Lane Keeping eller lignende.

Nivå 2 - Delvis automatisering: Systemet kan i noen trafikkmiljø kontrollere hastighet, bremsing, styring og feltskifte når føreren aktiverer systemet, men føreren har fremdeles ansvaret for å overvåke omgivelsene og må ta over kontroll dersom systemet ikke kan utføre oppgavene.

Nivå 3 - Automasjon under visse omstendigheter: Er det første nivået hvor systemet håndterer alle dynamiske føreroppgaver. Systemet overvåker omgivelsene, tar avgjørelser om for eksempel når bilen skal foreta en forbikjøring, sette på blinklys og annet, og kan brukes i alle situasjoner. Kjøretøy på dette nivået kan utføre kjøringen på egen hånd, i noen trafikkmiljø, men det forventes at føreren skal kunne ta over kontrollen ved behov.

Nivå 4 - Høy automasjon: Som nivå 3, med unntak av at systemet på egen hånd vil kunne treffe tiltak dersom føreren ikke reagerer. Det kan for eksempel være å stanse bilen. Systemet kan operere i mange trafikkmiljø og kjøreforhold.

Nivå 5 - Full automasjon: Systemet tar seg av alle dynamiske føreroppgaver, overvåker omgivelsene, og fungerer i alle situasjoner. Kan gjøre alle oppgaver en menneskelig fører normalt vil gjøre. Nivå 5-biler kan i praksis designes uten ratt og pedaler.



Figur 10: Nivåene for grad av automatisering i henhold til SAE J3016.

Figuren vist over er oversatt og tilpasset av Terje Moen, SINTEF.

Automatiserte skyttelbusser som er i bruk og planlegges tatt i bruk befinner seg på de høyeste automatiseringsnivåene, 4 og 5.

Klassifiseringssystemet (**Figur 10**) er akseptert og brukt av forskere, bilindustrien og teknologiselskaper som jobber med automatiserte kjøretøy. Det reflekteres også i det norske lovforslaget der begrepet selvkjørende brukes gjennomgående i stedet for automatiserte kjøretøyer.

4.2 Autonomt eller automatisert?

I media og artikler på nett brukes ofte begrepet Autonome kjøretøy. Slik sett lever de to begrepene side om side og ofte likestilt i folks bevissthet.

Autonom betyr egentlig selvforsynt eller selvstyrende eller selvkjørende. Søker du opp førerløse kjøretøy så får du også opp en rekke treff på hendelser der et kjøretøy har rullet av gårde på egen hånd fordi parkeringsbremsen ikke er aktivert. *Slik sett er begrepet førerløse kjøretøy misvisende og i denne rapporten brukes derfor begrepet automatiserte kjøretøyer og automatisert kjøring.*

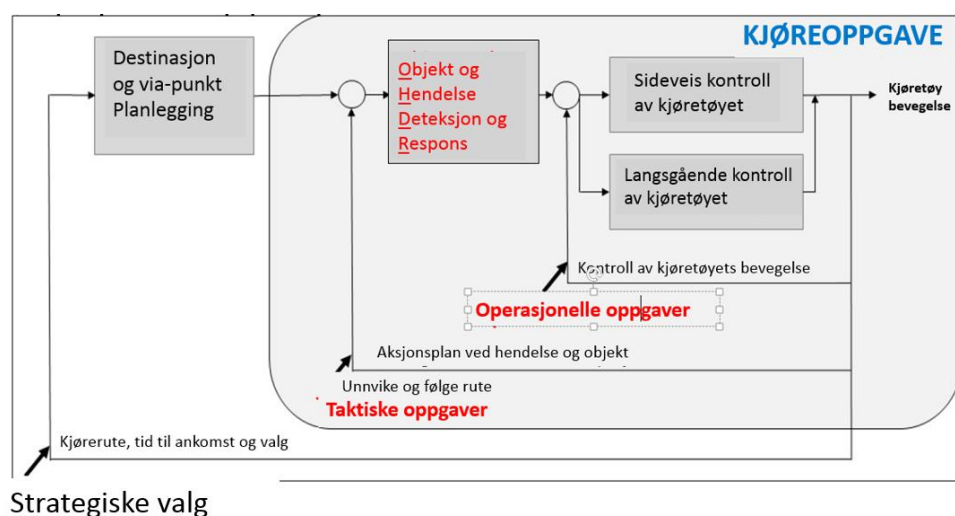
4.3 Automatiserte kjøreoppgaver og funksjonelle bruksområder

De ulike automatiseringsnivåene er knyttet til hvilke føreroppgaver (DDT- Dynamic Driving Task: taktiske og operasjonelle oppgaver) som er automatisert og til hvilke spesielle forhold (ODD - Operational Design Domain) et gitt kjøreautomatiseringssystem (ADS - Automated Driving System) er utformet og egnet til å fungere i (**Figur 11** Kilde: SAE J3016, oversatt av SINTEF). Det inkluderer, men er ikke begrenset til, kjøremoduser.

En ODD kan omfatte geografiske, miljø, kjørefelt, trafikk, hastighet og / eller tidsbegrensninger et gitt kjøreautomatiseringssystem (ADS) kan være utformet for å fungere i. For eksempel bare innenfor en geografisk definert militærbase, bare under 30 km/t, og / eller bare i dagslys.

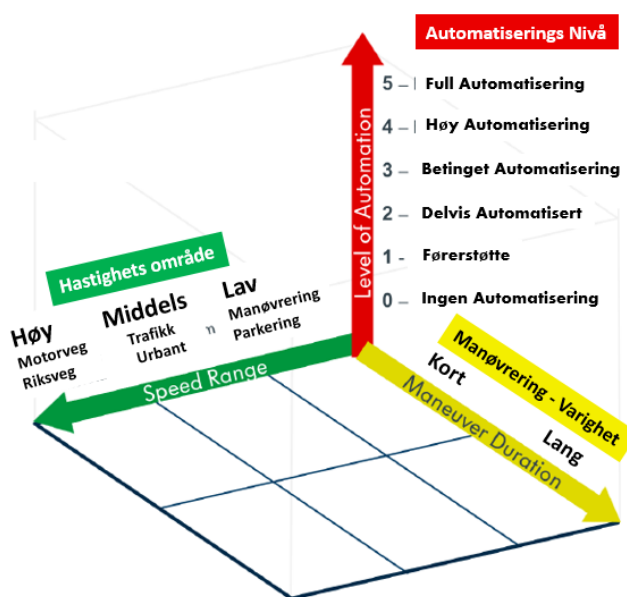
En ODD kan inkludere en eller flere kjøremoduser. For eksempel kan en gitt ADS være utformet for å betjene et kjøretøy kun på fullt tilgangskontrollerte motorveier og/eller i lavhastighetstrafikk, høyhastighets trafikk, eller i begge disse kjøremodusene.

For øyeblikket har pilotprosjekter og utprøving av automatiserte kjøretøy fokus på lavhastighets automatisering (opptil 30 km/t). Denne hastigheten er godt tilpasset utfordringer i urbane miljøer og den kapasitet automatiserte kjøretøy foreløpig har til å prosessere informasjon og agere og ferdes trygt. Begrenset hastighet gjør det mulig med drift av automatiserte kjøretøy i helautomatisk modus selv i samspill med fotgjengere og syklistene og uten fjernstyring eller tilsyn av noen ombord i kjøretøyet. Imidlertid kan høyere hastighet vurderes i egne skjermede trafikkmiljøer der det er full beskyttelse mot uventede hindringer. Eksempelvis motorveg med separate trafikkstrømmer, viltgjerde og forbud mot gående syklende og saktegående kjøretøy.



Figur 11: Dynamisk kjøreoppgaver som kan helt eller delvis overtas av kjøretøyets datasystem (DDT- Dynamic Driving Task)

Figur 12 (oversatt og tilpasset fra NHTSA (2013) og AdaptIVe (2015)) viser ulike funksjonelle dimensjoner en ser for seg ved en gradvis evolusjon av automatiserte systemer. Funksjonsområdet (ODD) Lav hastighet er fra 0-30 km/t, Middels hastighet er i området 30-50 km/t og Høy hastighet er i funksjonsområdet 50-130 km/t (AdaptIVe 2015). Samtidig ser vi at aktører som Google, Uber og de mange europeiske utviklerne av automatiserte minibusser sikter direkte mot full automatisering (nivå 5). Uber, Volvo og Ford annonserer at de hopper over nivå 3 i sin utvikling og går rett på nivå 4, fordi vi som mennesker er lite egnet til å overvåke en prosess passivt over lengre tid. Vi vil etterhvert også kunne miste ferdigheten til å ta en rask unnamanøver eller lignende om vi ikke jevnlig kjører manuelt (Jenssen, 2010). Tesla derimot hevder de vil lansere kjøretøy på nivå 3 innen kort tid.



Figur 12: Funksjonelle dimensjoner i forventet utvikling for automatisert kjøring og parkerings-system..

5 Initiativ og prosjekter i ulike land

5.1 Mobilitetsscenarioer: Lisboa

I forbindelse med samarbeidet mellom regjeringer i *International Transport Forum* (ITF) for organisasjonen for økonomisk samarbeid og utvikling (*The Organisation for Economic Co-operation and Development*, OECD), ble det gjennomført en simuleringsstudie for å simulere den daglige driften av et hypotetisk delt mobilitetssystem med automatiserte kjøretøyer i Lisboa. Den statiske modellen er basert på reisevaner i 2005 i Lisboa (*Lisboa Travel Survey*, Câmara Municipal de Lisboa). Studien simulerer 24t-reiseaktiviteter, delt mellom flere transportmidler, i.e. T-bane, gående og syklist, bildeling og samkjøring (*car-sharing, ride-sharing*) for en full skala syntetisk befolkning. Flere scenarioer er definert (avgang, destinasjon og tid) hvor automatiserte kjøretøyer gjennomfører reiser med bildeling, AutoVot eller samkjøring, TaxiBot (OECD/ITF, 2015).

Den totale effekten er selvfølgelig avhengig av biltyper og størrelser, penetrasjonsrate og kapasiteten på kollektivtransport. Resultater viser at med høy kapasitet i kollektivtransport (i.e. T-bane), kan en TaxiVot konfigurasjon erstatte 90 % av antall reiser med private biler. En konsekvens er at det totale reisevolumet vil øke uansett scenarioer. Konklusjonen viser at det kunne være enklere å planlegge disse kjøretøyene anvendt i begrensede områder som forretningsområder og campus hvor det er lav trafikk.

Det ligger mange forutsetninger bak disse typer simuleringene pga. parametere som er brukt i scenarioer (reisevaner, reisemiddelfordelingen, topografi, bilhold, osv.). Simuleringene viser tendenser, men man bør være forsiktig med å trekke for bastante eller generelle konklusjoner av resultatene.

5.2 USA

Mye av fokuset har hittil vært på utvikling av automatiserte utgaver av dagens personbiler. Teknologibedrifter som *Google-Waymo*, *Tesla*, *Nutonomy*, *Uber* med flere, har utfordret den tradisjonelle bilbransjen. Særlig i USA har utviklingen av en automatisert bil stått sentralt. I Europa og Asia har det vært mer fokus på utvikling av automatiserte minibusser/matebusser. Utprøving av automatiserte tilbringertjenester har pågått i flere tiår.

Det var først nylig (februar 2017) at den første automatiserte tilbringertjenesten med automatiserte skyttelbusser ble lansert i Las Vegas, USA (Figur 13). Testen varte 10 dager og var ikke gjennomført i trafikken. Privatbilismen har tradisjonelt stått veldig sterkt i USA og den personlige friheten personbilen i teorien gir. Det er en plausibel forklaring på de regionale forskjeller vi ser i utvikling og utprøving av automatiserte minibusser og tilbringertjenester.

Nå ser det ut til at trenden er i ferd med å snu. Antall amerikanske byer som ser fordelene med innføring av automatiserte biler og busser øker raskt. Mye takket være lovnader om statlig støtte til prosjekter.



(Kilde: techcrunch.com)

Figur 13: Den første piloten med automatiserte matebusser i USA, åpnet i Las Vegas 11. januar 2017, med Navya's ARMA shuttle

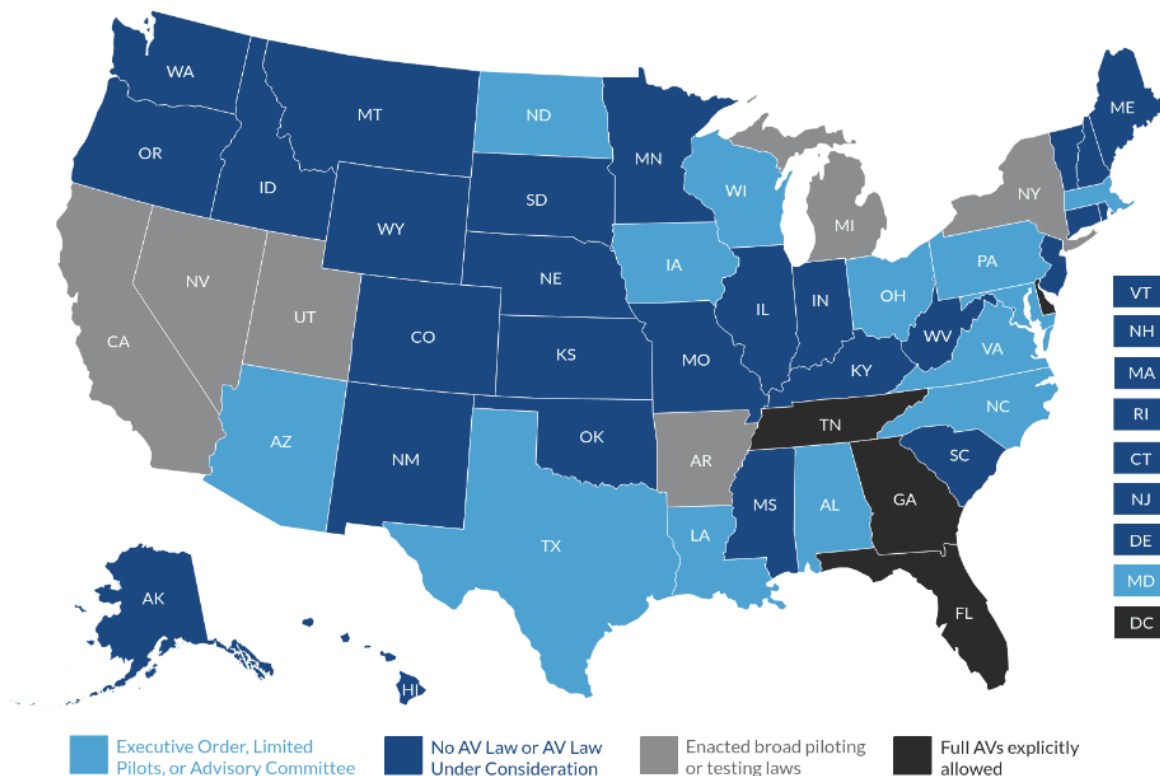
En rekke byer i USA har nylig lansert eller arbeider med å lansere aktiviteter som fokuserer på automatiserte biler og busser: San Francisco, Austin, Columbus, Denver, Kansas City, Pittsburgh, Portland (Oregon). Disse syv byene streber etter å være amerikanske foregangsbyer i å integrere automatiseringsteknologi i bytransport. Det er allerede delt ut et stipend på 100.000 dollar fra *US Department of Transportation (Smart City Challenge)* for å detaljere ytterligere forslag de har sendt inn om hvordan de tenker å transformere de urbane transportsystemene i sin by. I juni 2017 vil US DOT tildele ytterligere 50 millioner dollar til en av disse 7 byene. Vinneren vil bli den første byen til å innføre automatiserte biler og busser i sitt urban transport system. San Francisco, har eksempelvis foreslått å innføre automatiserte busser og matebusser til/fra boligområder. San Fransisco har samlet inn tilsagn på ytterligere 99 millioner dollar fra 40 bedrifter betinget at de vinner stipendet på 50 millioner dollar.

Lover og regelverk

Lovverket for automatiserte kjøretøyer i USA er regulert både av hver enkelt stat og føderalt for hele landet. Amerikanske myndigheter har tatt initiativ til etablering av et lovmessig rammeverk for automatiserte kjøretøy. Målet med lovverket er å ivareta sikkerheten for trafikanter og å sette høye krav til den nye industrien. Fokus er på nivå 5 kjøretøy. De fokuserer ikke bare på teknologi og systemer for det enkelte kjøretøy, men også på samvirkende systemer (C-ITS). Høsten 2016 fremmet *US Department of Transportation (DOT)* et regelverk for bil til bil kommunikasjon (V2V) som kan avverge trafikkulykker basert på utveksling av informasjon mellom kjøretøy (NHTSA 2016). Forslaget gjelder foreløpig bare lette kjøretøyer, men de vil også utvikle lover og regelverk for kommunikasjon mellom tyngre kjøretøy og mellom bil og infrastruktur (V2I).

Arbeidet med endring av lover og regler for automatiserte kjøretøy i en rekke stater har skjedd i forkant av arbeidet med en føderal lovgivning. Nevada var først ute allerede i 2012. De endret loven om elektriske

kjøretøy til å omfatte automatiserte kjøretøy og var den første staten som tillot høyt automatiserte kjøretøy på offentlig veg.



Source: National Conference of State Legislatures and individual state legislation¹⁷

Created by:
Ann Henebery / Eno Center for Transportation

Figur 14. Status for innføring av lovverk som tillater test og bruk av selvkjørende kjøretøy i USA. y. Kilde: Eno Center for Transportation policy, juni 2017. <https://www.enotrans.org/article/adopting-adapting-state-policies-automated-vehicles/>

For øyeblikket er autonome kjøretøy tillatt på offentlig veg i 20 stater: Nevada, California, Utah, Michigan, Florida, Tennessee, Arizona, Texas, Louisiana, Alabama, North Carolina, Virginia, Arkansas, Washington DC, Ohio, Iowa, Wisconsin, North Dakota, Pennsylvania, Maryland, New York og Georgia.

Georgia er den siste i rekken av stater som nå godkjenner automatiserte biler på offentlige veier. Senatet i Georgia vedtok 24 mars 2017 en lov om automatiserte biler. Lovendringen innebærer at trafikanter i automatiserte biler ikke er pålagt å ha et gyldig førerkort. Automatiserte kjøretøy må imidlertid registreres som automatiserte biler ved *Department of Motor Vehicles*, og de må ha en gyldig forsikring og følge fartsgrenser som er satt av lokale myndigheter. (Kilde: NCSL)

I California og en rekke av de statene som har gjort lovendringer, er det krav om at en fører må være tilstede bak rattet for å ta over kontroll om nødvendig. California har også innført et regelverk for testing på offentlig veg. <https://www.enotrans.org/wp-content/uploads/2017/04/Status-of-state-legislation-related-to-automated-driving-March-2017-4-e1495224276837.png?x43122> Alle som vil teste automatiserte kjøretøy må registrere seg og årlig gi inn en rapport om tekniske feil og hendelser der fører har vært tvunget til å ta over kontrollen med kjøretøyet. I fjor fikk Uber forbud mot slik testing i San Fransisco fordi de ikke var registrert. Google og en rekke teknologiselskaper dominerer listen over registrerte selskap som tester automatiserte kjøretøy i

California, men også kjente bilfabrikanter som Ford, Mercedes, Nissan og BMW har meldt seg på. (Kilde: ca.gov)

Apple er siste nykommer og meldte seg på for testing på offentlig veg i april 2017. Det har lenge vært spekulasjoner omkring Apple sine ambisjoner omkring utvikling av automatiserte kjøretøyer. At de nå melder seg på for testing på offentlig veg er håndfast bevis for at de driver utvikling av slike kjøretøy og/eller tilhørende teknologi. Michigan er ledende på lovgiving for automatiserte kjøretøy. De har vedtatt lover og regelverk som tillater test av automatiserte personbiler, platooning med tyngre kjøretøy og bildelingskonsepter (*ride-sharing*). Dette lovverket er imidlertid stekt kritisert av teknologiselskaper som Google, Apple og Uber. Lovverket i Michigan tillater bare tradisjonelle bilfabrikanter å teste prototyper på offentlig veg. Teknologiselskapene må da enten inngå kompaniskap med bilindustrien eller først få sine prototyper godkjent av NHTSA for å kunne teste de på offentlig veg i Michigan. California, Florida og Nevada krever at selskap som vil teste sine prototyper på offentlig veg må tegne en spesiell forsikring på 5 millioner dollar eller betale et depositum på 5 millioner dollar til vegmyndighetene i staten. (Kilde: ca.gov)

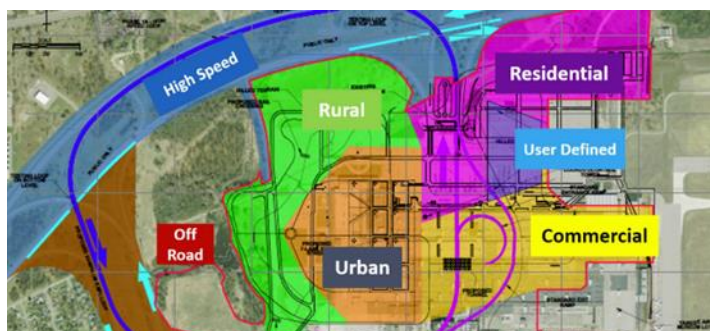
Teknologiselskap og bilfabrikanter har kritisert myndighetene i flere stater for sendrektig utvikling av en lovregulering for automatiserte kjøretøy og lovreguleringer som er til hinder for innovasjon og utvikling. Utrullingen av automatiserte kjøretøy har hatt en problematisk start i enkelte stater på grunn av mangel på lovmessig regulering og folks skepsis til sikkerheten ved bruk av robotiserte og automatiserte kjøretøy.

Mangel på kunnskap om regelverk har også stoppet prøveprosjekt. Uber måtte nylig avslutte sin test av automatiserte biler i San Francisco etter at *California DOT* opphevet registrering av Ubers 16 automatiserte biler fordi de ikke hadde innhentet de riktige tillatelsene. I California må alle melde om forsøk med automatiserte kjøretøy til *Department of Transport (DOT)*. De utgir årlig en oversikt over "avbrudd". Det vil si antall ganger styringen av automatiserte kjøretøy er overtatt av en fører på grunn av teknisk svikt eller en farlig trafikksituasjon.

Uber på sin side argumenterer med at de ikke var forpliktet til å ha tillatelse fra DOT fordi de har kontinuerlig overvåking og kontroll med kjøresituasjonen fra en person i bilen. (Kilde: Bloomberg.com)

Det er nå tatt initiativ for å samordne lovverket for automatiserte kjøretøy på føderalt nivå. Både for å ivareta sikkerheten til trafikanter, for å sikre at det er mulig å kjøre uavbrutt med automatisert kjøretøy fra en stat til en annen og for å gi like forhold for forskning og utvikling. I januar 2017 godkjente de føderale myndighetene (DOT) ti test områder for automatiserte kjøretøy. De er lokalisert i ni stater: California (med to test områder),

Florida, Iowa, Pennsylvania, Texas, Maryland, Michigan, Wisconsin og North Carolina.



Figur 15. I Ann Arbor Michigan er det etablert et større lukket testområde for høyt automatiserte kjøretøy.

Nedenfor er utvikling og status i USA forsøkt plassert i et internasjonalt perspektiv og i forhold til modenhetsnivå. Merk at vurdering av modenhetsnivå er en kvalitativ vurdering gjort av SINTEF. Det eksisterer kun en kvalitativ skala for teknologisk modenhet (Technology Readiness Scale).

For de andre temaene i tabell 1 eksisterer det ingen allment aksepterte kvalitative skalaer. Skalaen vi har brukt går fra 1-10 der verdien 1 representerer laveste modenhetsnivå og 10 det høyeste.

Tabell 1: Kjennetegn ved utvikling og status innen automatisert vegtransport for USA.

Automatiserte Kjøretøy Kriterier	Posisjon internasjonalt	Kommentar	Modenhetsnivå 1-10
Teknologisk suksess	Ledende for personbil Noe FOU på Snowmatic driving Har to skyttelbuss leverandører Otto-Uber ledende på automatisert lastebil	Mye fokus på å skape en automatisert utgave av personbilen hittil. Unntaket er Google og Uber som tenker bildeling og cybertaxi	7
Lover og regler	Tillatt på offentlig veg i 9 stater Jobber med føderal lovgiving	Bare Nevada som ikke krever at en person må være i bilen klar til å ta over manuell kontroll	3
Evaluerings/Godkjenning	Lovpålagt registrering av hendelser og tekniske feil i California	Ikke objektive data fra blackbox, men data levert av utvikler	3
Forsikring	Kreves i Michigan	Mye uavklart på forsikringssiden ennå	1
Brukeraksept	?	Ingen studier ennå Bare survey resultat for holdning til automatiserte kjøretøyer	0
Kvalitet på tilbud	Rettet mot personbil markedet	Ingen permanente tilbringertjenester Prøveprosjekt på bildeling med automatiserte i Arizona	1
Transport mønster	Lite endringsorientert		2
Sosiale effekter	?	Ingen sporbare resultat hittil	0
Økonomi	Store private og offentlige investeringer		7
Forretningsmodeller	?	Ingen sporbare resultat hittil	0
Eierskap	Lite aktiv innen bildeling hittil. Tegn på at det er i ferd med å endre seg. California har en del aktivitet innenfor RideSharing		1
Totalt	Ledende teknologisk og økonomisk	Lite fokus på kollektive mobilitetsløsninger	25

5.3 Europeiske prosjekt med automatiserte tilbringertjenester

Amsterdamerklæring

Under det nederlandske presidentskapet i EU i 2016, ble erklæringen fra Amsterdam godkjent av Europas Transport Ministre, EU-kommisjonen og *European Automobile Manufacturers Association (ACEA)* (Kilde: NHTSA). Dette var et viktig første skritt mot en felles europeisk strategi innen tilkoblet og automatisert kjøring (connected and automated driving). Den inneholder en felles agenda for videre tiltak for å støtte felles mål.

Amsterdamerklæringen krever strukturell dialog der medlemsstatene utveksler synspunkter og beste praksis med hensyn til utvikling av tilkoblet og automatisert kjøring og for å overvåke fremdriften.

Slike møter på høyt nivå vil bli gjennomført to ganger i året, og det første fant sted i Amsterdam den 15. februar 2017. For å være klar for utplassering av tilkoblet og automatisert kjøring i 2019, vil deltakende medlemsstater, EU kommisjonen og industrien:

- Enes om å fortsette dialogmøter på høyt nivå om tilkoblet og automatisert kjøring
- Uttrykke støtte til en felles europeisk tilnærming
- Vurdere deling av kjøretøydata som bidrar til trafiksikkerhet og effektiv trafikkavvikling
- Vurdere behovet for testing på tvers av grenser
- Støtte samarbeid i UN-ECE
- Enes om å samarbeide om sammenhengende nasjonal, internasjonal og europeisk regulering
- Samtykke i å utarbeide handlingsplan for: innvirkning det vil ha for vegholdere, transportoperatører og trafikkstyring, offentlig oppmerksomhet, cyber sikkerhet og organisering av testmiljøer.

Cyber mobilitet

Cybercars (automatiserte biler, pods, minibusser, busser) er i Europa en felles betegnelse for:

- Kjøretøy med fullt automatiserte kjøreegenskaper som opererer i lav til middels hastighet.
- En flåte av slike kjøretøyer danner et administrert transportsystem (KTS - Kybernetisk Transport System), for passasjerer og/eller gods, på et begrenset nettverk av veier med *on-demand* og dør-til-dør funksjonalitet.

Dette konseptet omfatter alt fra automatiserte ett og to-manns kjøretøy til matebusser og rutebusser i full størrelse. Cybercar-begrepet har sitt utspring i forskningsmiljøer som jobber med reguleringsteknikk (kybernetikk) og robotikk. INRIA i Frankrike har vært en sentral aktør samt teknologibedrifter som franske Robosoft og nederlandske Frog Technologies og 2GetThere. Konseptet dukket opp i Europa i begynnelsen av 1990-tallet og ble introdusert for første gang i Nederland i desember 1997 for passasjertransport på Schiphol flyplass. Siden den gang har teknologi og tjenester blitt utviklet i en serie europeiske prosjekter som Cybercars, CyberMove, Edikt, Netmobil, CyberC3, Cybercars-2, CATS, Citymobil og Citymobil2. Det pågående prosjektet CityMobil2 er fokusert på storskala demonstrasjoner av cybercars i fem europeiske byer.

Kybernetisk Transport System (KTS) er en kombinasjon av to innovative konsepter:




1. Bildeling
2. Automatiserte kjøretøy

Automatisering kan gi store fordeler for vellykket realisering av bildelingstjenester. Automatikken løser logistikken tilknyttet bevegelse av tomme biler mellom holdeplasser og innen store parkeringsplasser eller til/fra åpne parkeringsplasser. Automatisering kan gi individuell mobilitet tilpasset de som i dag ikke kan (eller bør) kjøre bil på grunn av aldersrelatert eller helsemessig svekkelse.

Cybercars kan operere kontinuerlig i full automatiseringsmodus (med unntak for vedlikehold) eller i dual mode, full automatisering eller manuelt drevet. Den siste varianten er undersøkt i CATS-prosjektet og er av interesse for de som driver bildelingsflåter.

Noen av de viktigste europeiske prosjektene på automatiserte transportsystem på veg innen 5-7. rammeprogram (FP) er gjengitt nedenfor (tabell 2). Det har resultert i 6 permanente automatiserte mobilitetsløsninger for bytransport. (For mer utfyllende liste se Appendix 1).

Tabell 2: Viktige europeiske prosjekt på automatiserte transportsystem.

FP	Prosjekt	Permanent transporttilbud	Bilder
7	CityMobil2 CATS CityNetMobil	PRT Masdar	
6	CityMobil CyberC3 Cybercars2	PRT Heathrow	
5	NetMobil EDICT CyberMove CyberCars	Business Park Rivium (NL) ULTra Test track Cardiff (UK) Floriade PRT (NL) Schiphol GRT (NL)	

CityMobil 2 har involvert 12 byer med pilotprosjekt i 8 europeiske land (**Figur 16**). Fra Finland i nord til Hellas i sør. Flest prøveprosjekt har foregått i Frankrike.



Figur 16: Europeiske byer og land involvert i CityMobil2.

Store sirkler indikerer større pilotprosjekt med lengre varighet, mens de små sirklene indikerer mindre pilotprosjekt. (Kilde: CityMobil, Experience and Recommendations, 2016).

5.4 Erfaringer og anbefalinger fra CityMobil2

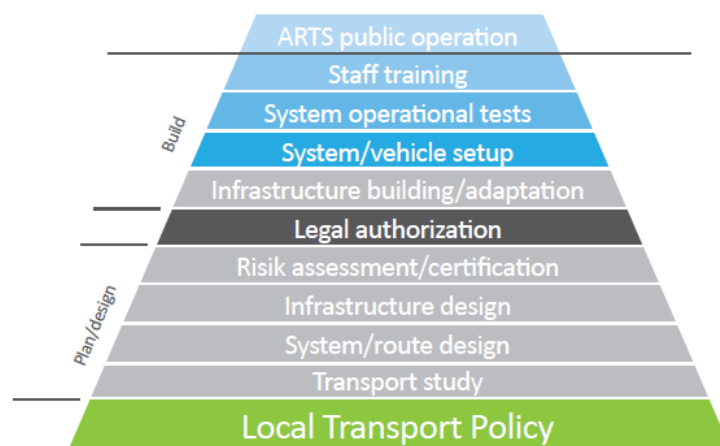
5.4.1 Infrastruktur

Tre typer infrastruktur ble prøvd ut i Citymobil2:

1. Separat
2. Dedikert
3. Delt

Retningslinjer for utforming av infrastruktur av hensyn til sikkerhet er gitt for alle de tre typene infrastruktur som er prøvd ut. Videre forskning på løsninger for delt infrastruktur i bymiljø anbefales. Støtte for satsing på delt trafikkareal er basert på FOU tilknyttet praktiske erfaringer og forbrukerundersøkelser og survey blant interesse-organisasjoner/myndigheter i de ulike land.

Et rammeverk for implementering av Automatiserte Mobilitets System (AMS) i bymiljø er beskrevet. Basert på erfaringer fra CityMobil2 framheves god planlegging og forankring lokalt som premiss for vellykket implementering. (**Figur 17**)



Figur 17: Rammeverk for implementering av Automatiserte Mobilitets System (AMS) i bymiljø.

For å minimalisere risiko (person, økonomisk osv.) anbefales en helhetlig tilnærming der kjøretøyet, den fysiske infrastrukturen, den digitale infrastrukturen og miljøet AMS skal operere i analyseres grundig før iverksetting. Også eventuell tilpasning, sertifisering og opplæring av medarbeidere. Det lovmessige må være på plass før AMS etableres og settes i drift.

CityMobil2 anbefaler:

- Gradvis implementering av AMS fra mer lukkede til åpne trafikkmiljø
- Dokumentasjon av den effekt AMS kan ha på reisevaner og reiseatferd generelt
- Forskning på interaksjon med andre trafikanter. Særlig samspill med myke trafikanter
- Utvikle og etablere infrastruktur som tillater enkel innføring av AMS

- Forskning på hvilken effekt og konsekvenser automatisering på nivå 4-5 har for trafikkstyring, veg og gateutforming og areal plan.
- Forskning på hvilken effekt og konsekvenser automatisering på nivå 4-5 har for sysselsetting innen transportbransjen og innen den tradisjonelle bilbransjen (hele kjeden).
- Forskning på hvordan AMS kan dra nytte av C-ITS fra 2019 og framover. Særlig V2V og V2I kommunikasjon.

5.4.2 Praktiske erfaringer

Det er viktig å begrense urealistiske ambisjoner om lengde og trafikkmiljø for den planlagte ruten/linjen i en tidlig fase av prosjektet og ta hensyn til de begrensninger som ligger i systemet som skal innføres. Eksempelvis unngå rundkjøringer, hvis systemet ikke ennå takler det. Virkeligheten er veldig ofte mer krevende og uforutsigbar i praksis og følgende funn ble gjort:

- En veldig klar og identifiserbar merking av AMS-ruten vil bidra til en bedre interaksjon med fotgjengere og syklister. Det vil gjøre det mulig for trafikanter å bli vant til ideen om at en del av veien vil bli reservert for bruk av AMS. Kun AMS har prioritet på en gitt del av veien.
- Tilstedeværelsen av en betjent om bord var nødvendig for å takle begrensningene til systemet i enkelte operative veg, vær og trafikkmiljø.
- Streng håndhevelse av lover og regler som gjelder for parkering og stans av bil- og lastebilsjåfører, er nødvendig for å være sikre at AMS-kjøretøyene ikke blir forsinket av ulovlig stans og parkering o.l.

Nedenfor er utvikling og status i Europa forsøkt plassert i et internasjonalt perspektiv og i forhold til modenhetsnivå. Skalaen vi har brukt går fra 1-10 der verdien 1 representerer laveste modenhetsnivå og 10 det høyeste.

Tabell 3: Kjennetegn ved utvikling og status innen automatisert vegtransport for Europa

Automatiserte Kjøretøy Kriterier	Posisjon internasjonalt	Kommentar	Modenhetsnivå 1-10
Teknologisk suksess	Ledende for personbil Noe FOU på Snowmatic driving. Har flere skyttelbuss-leverandører. Scania og Mercedes ledende på selvkjørende lastebil	Mye fokus på å skape automatiserte mobilitetstilbud for alle. Den tradisjonelle Bilindustrien med Daimler, Volvo, BMW, Jaguar jobber fremdeles mest med utvikling av en automatisert personbil.	7
Lover og regler	Tillat i bruk/test på offentlig veg i en rekke land blant annet: UK, Finland, Norge, Nederland Jobber med EU lovgiving	UK og Finland har ikke krav om at en fører skal være bak rattet. De fleste andre er bundet av Wien konvensjonen og må fremme lovendring	3
Evaluerings/Godkjenning	Ingen lovpålagt registrering av hendelser og tekniske feil, men flere land har forslag til regelverk		3
Forsikring	Forsikringsbransjen i England jobber med tilpasning av forsikringer	Mye uavklart på forsikringssiden ennå	1

Automatiserte Kjøretøy Kriterier	Posisjon internasjonalt	Kommentar	Modenhetsnivå 1-10
Brukeraksept	?	Ingen studier ennå Bare survey resultat for holdning til automatisert kjøring	0
Kvalitet på tilbud	Rettet mot både kollektiv og personbil markedet	Flere permanente tilbringertjenester og prøveprosjekt på bildeling med automatiserte kjøretøyer	5
Transport mønster	Vilje til endring		4
Sosiale effekter	?	Ingen sporbare resultat hittil	0
Økonomi	Store private og offentlig investeringer	Store investeringer både offentlig og privat	7
Forretningsmodeller	?	Ingen sporbare resultat hittil	0
Eierskap	Aktiv innen bildeling, kollektive løsninger		5
Totalt	Ledende teknologisk og økonomisk	Fokus på kollektive mobilitetsløsninger	35

5.5 United Kingdom

UK søker å ta en ledende rolle i FOU og innføring av automatiserte kjøretøy. Kjennetegn ved utviklingen er:

- Ingen lovmessig barriere
- Ikke signert Wien konvensjonen
- Store satsinger – Drive Me London, Heathrow PRT, Greenwich prosjektet med mere
- Den Britiske forsikringsbransjen, *Association of British Insurers (ABI)*, støtter i en pressemelding (9 Mars 2017) helt og fullt utvikling og innføring av automatiserte kjøretøy

“The insurance industry is 100 per cent committed to supporting the development of automated vehicles, which have the potential to dramatically improve road safety and revolutionize our transport systems. We want to keep insurance as straightforward as possible, which is why insurers proposed the simple approach which the Government is now taking forward.”

5.6 Frankrike

Frankrikes regjering har lansert et nasjonalt program for automatisert kjøring, innenfor *New France Industry Initiative*. Målet er å legge grunnlaget for "rimelige automatiserte biler for alle" fra 2020. Det fokuserer på tre forskjellige applikasjoner og interessentgrupper: industribil, individuell bil og offentlig transport. De ønsker å bygge mobiliteten i Frankrike på automatiserte kjøretøy som kan revolusjonere den individuelle, kollektive og den industrielle transporten. Utviklingen bygger på franske bidrag i utvikling av avanserte førerstøttesystem.

Det er en strategisk satsing for å sikre jobber både innen bilindustri og transportindustrien, som samarbeider med web-orienterte og digitale selskaper. Frankrike ønsker å være konkurransedyktige tilbydere av komponenter, sensorer, programvare, styringssystemer og mobilitets tjenester. Formålet med et Nasjonalt program er å posisjonere fransk bil- og veitransportindustri blant pionerne i utforming av automatiserte kjøretøyer.

Handlingsplanen viser 4 mål:

- Undersøke de sosioøkonomiske konsekvensene av slike kjøretøyer (in-depth)
- Utvikle relevante teknologier
- Etablere et regelverk og rammebetingelser som tillater eksperimentering, for å demonstrere at sikkerhet er ivaretatt.
- Fjerne regulatoriske, sosiale og materielle hindringer for kommersialisering

Første resultat av programmet er allerede oppnådd gjennom at nytt lovverk som tillater eksperimentering på offentlig veg er vedtatt. 10.000 km vei (testområder) for utprøving av automatisert kjøring er tilgjengelig, 28 testforsøk og mer enn 30 forskjellige prosjekter pågår. 14 arbeidsgrupper er etablert for å realisere målene som er satt i det nasjonale programmet innen blant annet juridiske aspekter, teknisk regulering, typegodkjenning, teknologi, trygghet og sikkerhet. Storskala eksperimentering på åpne veier, som skal startes fra 2018 og framover.

5.7 Nederland

Nederland jobber med en lovendring som tillater automatiserte kjøretøy på offentlig veg. De prøveprosjektene som er gjennomført og som pågår i Nederland har foreløpig alltid en fører i kjøretøyet som kan ta over kontrollen hvis nødvendig. 2getthere er en ledende nederlandsk leverandør av automatiserte transporttjenester. De har jobbet med utvikling av automatiserte minibusser siden 1984. Det finnes to typer elektriske styrt minibusser fra 2getthere; "*Personal Rapid Transit (PRT)*" kjøretøy som er ment å frakte 2-4 personer og "*Group Rapid Transit (GRT)*" kjøretøy som rommer opp til 30 passasjerer. Begge disse kjøretøyene bruker et rutenett av magneter montert hver 2 kilometer eller så like under overflaten av veien for å navigere uten behov for en sjåfør. De automatiserte kjøretøyene har sensor teknologi som detekterer hindringer i eller rett ved siden av kjørefeltet/vegen. I tillegg har kjøretøyene ultrasoniske sensorer for å oppdage hindringer nærmere kjøretøyet.



(Kilde: 2getthere.eu)

Figur 18: Automatiserte minibusser i Rivium.

2getthere har i dag to implementeringer av automatiserte kjøretøy (skyttelbussser/PRT); en i Masdar City, Abu Dhabi, og en i Rotterdam Rivium Business Park (

Figur 18). Linjen i Rivium startet som en Pilot i 1999, men ble permanent fra 2006. Den går over en strekning på 1.6 km og har fem holdeplasser, der det bare er 3 minutter mellom hver avgang.

Den andre implementasjonen av 2getthere sine automatiserte minibusser er Rivium GRT systemet. Det er det første automatiserte systemet i verden som opererer på offentlig veg med kryssende biler, fotgjengere og syklistar (**Figur 19**).



Figur 19: Rivium 2. Verdens første automatiserte transportsystem på offentlig veg.

Linjen i Rivium er over en strekning på 1.6 km med fem holdeplasser. Matebusstilbudet har seks automatiserte matebusser som hver kan ta inntil 20 passasjerer. I rushtiden er alle kjøretøy i bruk. Det gir 2,5 minutters intervall mellom avganger. I alt 2.500 personer bruker denne automatiserte transporttjenesten daglig.

Første utbyggingsfase av Masdar PRT-systemet i Abu Dhabi er ca. 1,4 kilometer langt og har 2 stasjoner (**Figur 20**).



Figur 20: En av stasjonene i Masdar PRT, Abu Dhabi.

Dette systemet går fra *North Car Park* til *Masdar Institute of Science and Technology*. Systemet ble åpnet for offentligheten den 28. november 2010. Tilgjengelighet og kjøretøyenes tekniske pålitelighet ligger nær opp til 100% (henholdsvis 99,6% og 99,9%). PRT-systemet er i drift 18 timer i døgnet, fra kl. 06.00 til midnatt, hver dag. De 10 kjøretøyene opererer på forespørsel. Systemet har 5 ganger den forventede mengden passasjerer, med gjennomsnittlig 85% belegg i helgene. Den 22. mai 2014 hadde tilbudet passert 1 million passasjer, med 2 millioner passasjer forventet innen november 2016. Kjøretøyene er drevet av litiumfosfat batterier, med en rekkevidde på 60 kilometer ved en 1,5 timers ladning. Kjøretøyene lades opp på ved stasjonene.

På grunn av 2getthere sin nederlandske opprinnelse har prosjektet vært en del av EU prosjektet CityMobil2.

5.8 Tyskland

Det tyske Transportministeriet har utarbeidet en strategi for automatisert mobilitet og identifisert handlingsområder og utfordringer for å implementere strategien for automatisert samhandlende og tilkoblet kjøring (connected /C-ITS).

Programmet "Implementering av den automatiserte og tilkoblede kjørestrategien" ble initiert av statssekretærene i fem forskjellige departementer og det er definert fem forskjellige arbeidsgrupper:

Infrastruktur, Lovgivning, Innovasjon, Sammenkobling, Cyber-sikkerhet og databeskyttelse og Samfunnsdialog. Hver arbeidsgruppe er tilknyttet et departement og har definert sine spesifikke milepæler. Forskningsprogrammer / finansieringsretningslinjer er tilgjengelig. Et sentralt nasjonalt prosjekt er PEGASUS. Det er opprettet for å levere standarder for automatisert kjøring. Kunnskapshull innen test og sertifisering vil være ferdig innen midten av 2019, nært opp til at de høyautomatiske kjørefunksjonene tas i bruk på offentlig vei.

De viktigste målene er:

- Definisjon av en standardisert prosedyre for testing og eksperimentering med automatiserte kjøretøysystemer i simulering, på teststativruller og i ekte miljøer.
- Utvikling av en kontinuerlig og fleksibel servicekjede for å sikre effektiv og trygg automatisert kjøring.
- Integrasjon av testene i utviklingsprosessene på et tidlig stadium.
- Opprettelse av bransjemetodikk på tvers av produsenter for å sikre kvalitet på høyt automatiserte kjørefunksjoner.

Det juridiske rammeverket for automatisert kjøring på offentlige veier er tatt inn i nasjonal lovgivning, og er tilpasset endringene av 1968-konvensjonen om veitrafikk (Wien-konvensjonen), samt tilpasning av lovbestemmelsens regelverk.

Utviklingen av testområder i byområder og forsteder får økonomisk støtte. Målet er å oppnå en bærekraftig samordning av automatisert motorvei, landlig og urban trafikk.

Testområdene og prøveprosjekter vil gi innsikt i automatisert mobilitet i komplekse kjøreforhold (trafikklys, kryss, rundkjøringer, vegarbeid, hindringer osv.) De første prosjektene på automatisert mobilitet pågår i

Berlin, Braunschweig, Dresden, Düsseldorf, Hamburg, Ingolstadt og München. Den etablerte digitale teststrekningen motorveien A9 i Bayern er også innarbeidet i den nasjonale satsingen.

5.9 Sverige

Sverige har markert seg internasjonalt som en sentral aktør innen automatisert vegtransport med lanseringen av initiativet "Drive me" (Kjør meg) med pilotprosjekt både i Göteborg og London. Satsing på automatiserte biler for bærekraftig mobilitet" velsignes av den svenske regjeringen, også godt motivert av nullvisjonen om null drepte og hardt skadde i trafikkulykker.

Forskning knyttet til automatiserte biler foregår innen ulike områder og på offentlige veier så snart en ventet lovendring trer i kraft. Ved siden av Volvo Cars, er Transportstyrelsen, Lindholmen Science Park, Chalmers og Göteborgsbyen involvert i pilotprosjektet Drive Me. Omtrent 50 kilometer utvalgte veier i og rundt Göteborg skal bli testarena for 100 automatiserte Volvo. Først fase av prosjektet startet i 2017 med nivå 2 kjøretøy. Volvo når ikke lovnaden om pilot med 100 nivå 4 biler i 2018. De har revidert planene og starter nå de med 2 biler i to familier og en begrenset kjørerute.

Bilene vil bli daglig brukt av vanlige folk. En merverdi av prosjektet ligger i at automatisert kjøring vil bli testet på typiske pendlerruter med belastet og overbelastet trafikk. Hovedmålet med prosjektet er imidlertid å gjennomføre forskning på hvordan automatisert kjøring vil påvirke vegtransporten (både kjøretøy og infrastruktur). Utfordringer som sikkerhet, energieffektivitet og trafikkavvikling vil bli studert i prosjektet. Eksempelvis vil dette være infrastrukturkrav og trafikksituasjoner der det er samspill med myke trafikanter og sosiale fordeler ved automatisert kjøring.

Scania har i en tiårsperiode hatt prosjekt på automatisert transport med tunge lastebiler. De startet innen gruveindustrien i Kiruna i 2015. De har også etablert en teknologisk plattform for automatisert langtransport i elektronisk styrte kolonner (platooning). Forsøk med automatisert kolonnekjøring er gjennomført på motorveier mellom Sverige og Nederland. Scania og Volvo deltok i European Truck Platooning Challenge, og forbereder nå en rekke platooning-prosjekter i Sverige, samt innenfor Horizon 2020. Begge produsentene investerer i systemer for automatisert transport innen industri (gruver, havner, etc.). På Kista Mobility Week (april 2016) fikk besøkende muligheten til å kjøre automatiserte busser fra CityMobil2 (EU-prosjektet). Det var første gang slike høyautomatiserte skyttelbusser ble brukt i Sverige. Målet var å demonstrere hvordan offentlige transporttjenester og digitale selskaper kunne samarbeide for å skape smart urban mobilitet.

Verdens første fullskala testmiljø for fremtidig trafiksikkerhet med høyt automatiserte kjøretøy (*AstaZero*) er etablert nær Göteborg. Testbanen har nå vært operativ i ca. tre år og fra 2016 var det den første testbanen i verden til å ha etablert et dedikert 4G nettverk på testanlegget. AB Volvo har en strategi der de i første omgang fokuserer på teknologi for automatisert kjøring på motorvei, deretter automatisert kjøring i urbane områder for personbil og lastebiler samt motorvei platooning.

5.10 Finland

Finland lanserte i 2015 en nasjonal automatiseringsstrategi for alle transportformer. *Road Transport Automation Road Map* og *Handlingsplan 2016-2020* ble utgitt tidlig i 2016. Dette dokumentet lister opp aksjonspunkt innen infrastruktur, vegbygging og vegkantutstyr, kjøretøysystemer og tjenester. Det legges stor vekt på testaktiviteter. Den eksisterende finske veglovgivningen er ganske liberal, angivelig på grunn av avvik

i oversettelsen fra internasjonale overenskomster (Wien konvensjonen), noe som gjør det mulig å teste automatiserte kjøretøy uten lovendring og også fjernstyre automatiserte kjøretøy på offentlig veg.

Den finske transportsikkerhetsstyrelsen utsteder egne nummerskilt for interessenter som ønsker å teste automatiserte biler på finske veier.

En 75 km lang teststrekning (langs E8 på grensen mot Norge helt nord i Finland) er i det pågående nasjonale prosjektet instrumentert for samhandlende oppkoblede systemer (C-ITS). Det er inngått et samarbeid med Statens vegvesen i Norge, og et tilsvarende prosjekt langs E8 på norsk side (Borealis) er under etablering mht. arktiske utfordringer og hvordan automatisert transport fungerer under slike vær- og føreforhold. Trafikk og føreforhold (snømatisk kjøring) vil bli del av Aurora-testen og det norsk-finske Aurora- Borealis prosjektet. Blant annet vil systemer for vintervedlikehold, navigasjon i krevende forhold med kulde, snøvær med isete og snødekte veger samt konsekvenser for sporslitasje av automatisert kjøring stå i fokus for noen test- og utviklingsprosjekter på strekningen.

Finske myndigheter gir teknisk og økonomisk støtte til interessenter som undersøker ytelse av automatiserte kjøretøyteknologier og bruk av ulike løsninger for automatisert kjøring under røffe arktiske forhold med snø og is (snømatisk kjøring).

Forsøk med elektronisk kolonnekjøring (platooning) for langtransport er planlagt sør i Finland. Forsøk med automatiserte vegvedlikeholdsmaskiner pågår i Oulu regionen. Forsøk med høyt automatiserte personbiler i urbane omgivelser foregår i Tampere regionen.

Automatiserte kollektivtrafikkbusser og skyttelbusser samt etterspørselsbaserte MaaS-løsninger blir testet i flere finske byer. Fokus er på evaluering av teknisk ytelse, samfunnsmessige virkninger, fordeler og kostnader.

5.11 Danmark

Et lovforslag om automatiserte biler ble sendt på høring i oktober 2016. Forslag til en ny bestemmelse i "Færdselsloven", gir transport- og bygningsministeren adgang til å fastsette regler om tidsmessig og geografisk avgrensede forsøk med motorvogner som helt eller delvis kjører uten fører. Bestemmelsen gir hjemmel til å fravike konkrete bestemmelser i loven. Søknad om tillatelse skal ifølge forslaget sendes myndighetene, og det skal kunne stilles vilkår.

Lovendringen er planlagt vedtatt sommeren 2017. Forsøk med automatiserte biler er planlagt i Aalborg og Vesthimmerlands kommune.

5.12 Spania

Spania har vært ganske aktiv innen test og utvikling av automatisert kjøring. Senteret for utvikling av industriell teknologi (CDTI), som er en del av det spanske departementet for økonomi og konkurransedyktighet, har sammen med den spanske Automotive and Mobility Technology Platform (M2F) lansert (2015) det spanske *Automated Road Transport Technical Forum*. Målet er å støtte samarbeid mellom alle involverte og styrke sektorer og teknologiselskap.

Spanske myndigheter i Generaldirektoratet for Trafikk (DGT) jobber med en endring av lovverket og de generelle forskriftene for kjøretøy slik at det tillates bruk og test av automatiserte kjøretøy på urbane og interurbane veier.

Allerede tilbake i 2001 ble de to første automatiserte kjøretøyene presentert av det tekniske Universitetet i Madrid (INSIA). Det spanske rådet for vitenskapelig forskning (CAR) utviklet de første kooperative automatiserte kjøresystemene basert på V2V kommunikasjon, i 2003.

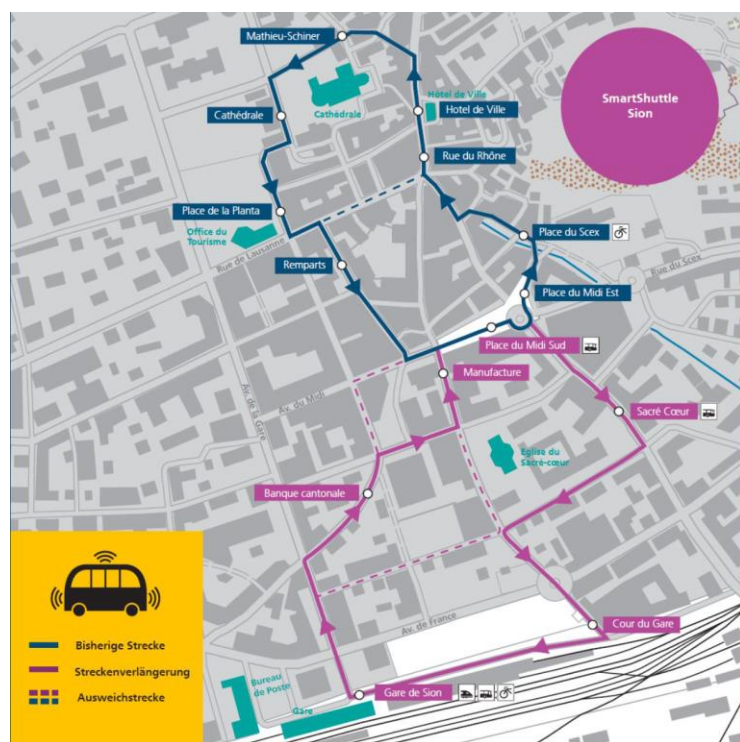
I 2012 ble det første automatiserte testområdet på offentlige veier etablert i Spania. Dette var på en 100 km lang motorvei mellom El Escorial og Madrid testområdet var organisert av INSIA og CAR. Totalt 7 fullt automatiserte kjøretøyer utstyrt med V2X-kommunikasjonssystemer, sensorer og kooperative systemer ble testet. Gjennom årene har forskningen på V2X kommunikasjon og støttesystem blitt støttet av EU og den spanske regjeringen. Eksempelvis gjennom EU prosjektene VICTORIA, iVANET, ONDA-F og GUIADE-prosjektet.

RobTaskCoop og ROBOT-INT-COOP videreutvikler for tiden navigasjons- og oppfatningsteknikker for automatiserte kjøretøy og automatiserte lastebiler, med mål om mer effektiv og økonomisk godstransport i havner og ved fraktterminaler.

RobTaskCoop og ROBOT-INT-COOP videreutvikler for tiden navigasjons- og oppfatningsteknikker for automatiserte kjøretøy og automatiserte lastebiler, med mål om mer effektiv og økonomisk godstransport i havner og ved fraktterminaler.

5.13 Sveits

I sveits er det etablert et prøveprosjekt det er verdt å merke seg! Navya har to busser som opererer i den lille byen Sion Sveits. Dette er i et toårig prøveprosjekt og den første kontrakten for BestMile, et lokalt oppstartsfirma etablert i 2014 av to studenter fra Swiss Federal Institute of Technology (EPFL) i Lausanne, Anne Koymans and Raphaël Gindrat (PostBus prosjekt). PostBus er et Kollektivselskap.



Figur 21. Rute for selvkjørende skyttelbusser i Sion, Sveits

Fra årsskiftet frem til juni 2015 kjørte seks av EasyMiles EZ10-skyttelbusser et 1,5km dedikert spor som et transporttilbud for studenter og professorer/ansatte fra den lokale T-banestasjonen til forskjellige hjørner av campus. Påkalling kan skje via app og de hadde mer enn 30.000 passasjerer innen 16 mnd. Ingen hendelser ble rapportert i løpet av seks måneders forsøk. Viktig å merke seg at dette er skyttelbusser som opererer i vanlig trafikk, men det er ingen kopling til annen kollektivtrafikk. I neste fase (Smartshuttle 2.0) er det planlagt en dobling av nettverket og det vil bli etablert en trådløs link til infrastruktur (trafikklys med mere).

5.14 Norge

Norske myndigheter har fremmet et lovforslag for å tillate testing av selvkjørende (automatiserte) kjøretøy på norske veier. Forslaget vil trolig bli vedtatt i desember 2017. Lovendringen som vil tillate testing av

automatiserte kjøretøy er også rettet mot å gi konkurransefortrinn for norske teknologibedrifter i en situasjon der landet søker å gjøre seg mindre avhengig av petroleumsvirksomheten, en industri som er sårbar for globale svingninger i oljeprisen.

Norge er et av de største markedene for Tesla Motors elektriske biler, takket være generøse statlige subsidier. Tesla sa i oktober 2016 at nye modeller vil komme med teknologi, programvare, kameraer og en radar som gjør dem i stand til å være helt automatiserte.

Andre selskaper som utvikler selvstyrte personbiler og lastebiler inkluderer blant annet *Alphabet Google-Waymo*, *Uber Technologies Inc*, *Ford Motor Co.*, Volvo, og *Scania*. De har foreløpig ikke meldt om initiativ til norske pilotforsøk. Scania og Volvo har vist interesse for forsøk i Norge, men ingen konkrete avtaler foreligger. *Easymile* som produserer automatiserte minibusser er derimot inne i de fleste pilotene planlagt med automatiserte matebusser i norske byer.

Når lovforslaget om testing av automatiserte kjøretøy er vedtatt står 6-7 norske byer klar til å starte utprøving blant annet på Forus i Stavanger, på Fornebu i Oslo og på Kongsberg. Automatiserte skyttelbusser fra franske *Easymile* inngår i alle tre prøveprosjektene. Denne satsingen følges opp i forskningsprosjektet SmartFeeder. Oslo, Stavanger og Kongsberg er foreløpig valgt ut som piloter prosjektet vil følge.

OSLO får utslippsfrie selvkjørende busser i 2018



(Kilde: Aftenposten 24.07.2017)

Figur 22: Oppslag om innføring av automatiserte busser i Aftenposten

Den første demonstrasjonen av automatiserte skyttelbusser i Norge på offentlig veg var mellom Studentersamfundet og St. Olav hospital i Trondheim, allerede i 2009. Det var en demonstrator ledet av

SINTEF innfor EU prosjektet CityMobil. I 2017 var automatiserte skyttelbusser demonstrert igjen i Trondheim (Figur 23).



(Kilde: Adressa)

Figur 23: Automatisert skyttelbuss fra *Easymile* demonstrert på NTNU i 2017.

Statens vegvesen er som tidligere nevnt inne i et FOU samarbeid med Finland der de er i ferd med å etablere en teststekning for ITS, teknologi, automatiserte kjøretøy og platooning på en fjellovergang med problematiske vinterforhold. Det er en teststrekning på E8, en hovedveg mellom Norge og Finland, som er viktig blant annet for eksport av sjømat. AVINOR søker å automatisere vinterdrift av flyplasser.

Samferdselsdepartementet har i høringen fått inn en rekke kommentarer til forslag om lov for prøving av selvkjørende kjøretøy og tar sikte på å vedta en ny lov i Stortinget i løpet av desember 2017. Formålet med lovforslaget er å legge til rette for testing av automatiserte kjøretøy på norske veier innenfor forsvarlige trafiksikkerhetsmessige rammer og i tråd med gjeldende lov om personvern.

Målet er en gradvis innføring av automatiserte kjøretøy og bare teknologisk modne systemer vil bli godkjent for testing.

5.15 Singapore

Singapore er en av de mest aktive og visjonære byene/landene med hensyn til førerløs transport. Drivkraften er blant annet at Singapore er det landet som har høyest befolkningstetthet i verden. Singapore har 6 millioner innbyggere. Det er en by og en øystat på størrelse med Hitra eller på størrelse med det doble av arealet til Trondheim.

Myndighetene i Singapore tok allerede for fem år siden initiativ til å utforske mulighetene og utfordringene med automatisert vegtransport. Land Transport Authorities i Singapore (LTA) inngikk et femårig samarbeid med byrået for vitenskap, teknologi og forskning (A*STAR) som la grunnlaget for "*The Singapore*

Autonomous Vehicle Initiative" (SAVI). SAVI gir en plattform til å håndtere FoU omkring automatiserte kjøretøyer, automatiserte mobilitetssystem og automatiserte veisystem.

En rekke pilotforsøk med automatisert kjøring for offentlige og industrielle interessenter inngår. LTA påtar seg en regulatorisk rolle for implementering av automatisert vegtransport i Singapore, mens A*STAR bruker sin kompetanse til utvikling av teknologier og veikart for implementering.

Sammen med JTC Corporation har LTA gjennomført en rekke prøveprosjekt med automatiserte kjøretøyer på offentlig vei Nord i Singapore. Disse prøveprosjektene startet i 2015. Foruten SAVI er det flere pågående forsøk på automatisert kjøring på Singapores veier og gater, for eksempel i et forsøk mellom MIT og *National University of Singapore (NUS)*. Innenfor dette prosjektet er det etablert en flåte med automatiserte kjøretøy som tester innenfor bildelings konsepter. De har også satt i gang flere ulike prosjekter som tar sikte på å bedre urban mobilitet gjennom automatisert kjøretøyteknologi. Byen har dedikerte testområder for automatiserte kjøretøyer og gjennomfører jevnlig forsøk

Det nest største transportselskapet i Singapore, SMRT International, har dannet en joint *venture* med 2getthere for å kommersialisere 2getthere sine automatiserte kjøretøyer for det asiatiske markedet. 2getthere har planer for en installasjon av to automatiserte kjøretøyer i Singapore. Som en del av avtalen, kjøpte SMRT en 20% eierandel i 2getthere. Kjennetegn ved utviklingen i Singapore er:

- Tidlig ute med utprøving og pilotprosjekt
- Tidligere engelsk koloni -Venstrekjøring
- Ikke signert Wien konvensjonen
- Tester skyttelbusser, Cybertaxi's bildelings konsepter og automatiserte feiemaskiner

Nanyang Technoloical University (NTU) i Singapore skal innføre automatiserte skyttelbusser i 2017. Disse bussene vil være i stand til å frakte 15 passasjerer om gangen, og vil bringe studenter fra universitetets campus til *Cleantech*, en business park 1,5 km unna. Skyttelbussene er utviklet av det franske firmaet Navya og er av typen Arma. De har en rekke sensorer som bidrar til å oppdage hindringer og objekter i tillegg til hjelp mht. å finne ut hvor bussen skal kjøre. Disse sensorene omfatter Lidar, GPS, med mere. Bussene vil bli være elektriske med et batteri som skal være tilstrekkelig for en halv dags bruk.

Singapore har allerede automatiserte drosjer i tjeneste, men det er også planer om å innføre automatiserte pods og automatiserte scootere.

5.16 Japan

Den japanske regjeringen har lenge sett betydningen av kommunikasjon mellom kjøretøy og infrastruktur for innføring av automatiserte kjøretøy og introduserte "ITS spot" teknologi som muliggjør slik kommunikasjon med høy båndbredde. Mer enn 2000 "ITS spot" steder er nå etablert i Japan og mer enn 100.000 kjøretøy kommuniserer med sendere V2I og V2V. De gir blant annet informasjon om trafikk og trafikkfarlige forhold. Det japanske "*autopilot system council*" presenterte i en årsrapport et veikart for innføring av høyt automatisert kjøring på japanske veier og gater fram mot 2020. I mai 2014, startet et nytt forskningsprogram på automatiserte kjøresystem som en del av det japanske strategiske innovasjonsfremmende programmet (SIP). Det er ventet at FOU programmet vil dokumentere effekten av automatiserte kjøresystemer og potensielt bidra

til reduksjon av trafikkulykker og overbelastning i veinettet, mer effektiv godsdistribusjon og danne grunnlag for neste generasjons bytransport.

En betydelig reduksjon av trafikkulykker forventes i fremtiden. De olympiske og paralympiske sommerlekene i Tokyo 2020 er valgt som en milepæl for å demonstrere automatisert kjøring i Japan. Nissan er sentral i dette arbeidet på kjøretøysiden. De gjennomførte nylig en lengre kjøretur i London med et automatisert kjøretøy gjennom 7 rundkjøringer, i smågater og på motorvei uten problem.

Det er ingen lovmessige hindringer i Japan for automatiserte biler. I likhet med England og Singapore har de venstrekjøring og de har ikke signert Wien konvensjonen.

5.17 Sør-Korea

Det sør-koreanske departementet for land, infrastruktur og transport (MOLIT) har laget en nasjonal plan for



Figur 24. Test av selvkjørende kjøretøy pågår for test og sertifisering av utstyr og kommunikasjon. Alle veier er lovlig testarena Kilde: ITS Norge

utvikling av sikkerhetsteknologier i transportsektoren. Målet er en drastisk reduksjon av antall ulykker på koreanske veier fram mot 2025. Automatiserte transportløsninger står sentralt i denne planen. Også private koreanske selskaper satser på utvikling av automatiserte transportsystemer og automatiserte kjøretøy, f.eks. Hyundai-Kia Motors.

Det jobbes med både utvikling av automatiserte kjøretøy som samler inn informasjon fra sensorene i

bilen og "Automatisk kjøretøystyringssystem" (AVGS), basert på at kjøretøyet mottar informasjon både fra kjøretøysensorer og veikant infrastruktur. Elektronikk og Telekommunikasjonsforskningsinstituttet (ETRI) er sentral i forskning på automatiserte kjøretøy og AVG System.

5.18 Kina

Det er begrenset med informasjon om status for automatisert vegtransport og automatiserte kjøretøyer i Kina. Det er opplyst at de jobber med lovendringer som vil tillate bruk av automatiserte kjøretøyer på offentlig veg. Pilotprosjekt med vanlige busser som er automatiserte er publisert. De har et stort indre marked og en tradisjon for raske og omfattende nasjonale endringer. Om Kina tillater og satser på automatiserte transportsystem og automatisert mobilitet vil det påvirke hele verdensmarkedet.

Trafikkforholdene i Kina og den kontinuerlige veksten i privatbilisme indikerer at automatiserte transportsystemer vil bli avgjørende for Kina i fremtiden. Vi ser tidvis spor av denne utviklingen. I 2008 gjennomførte SINTEF en testkjøring av en automatisert kinesisk bil på et testanlegg utenfor Beijing. De var allerede da kommet langt i utvikling av automatiserte kjøretøy for hjemmemarkedet i Kina. EVO er et kinesisk selskap som produserer elektriske kjøretøy. De satser også på produksjon av automatiserte kjøretøy. Bussprodusenter tilbyr automatiserte busser og viser til vellykkede pilotprosjekt i Kina. Yutong bus company som er en av Kina's ledende buss produsenter gjennomførte i august 2015 det de selv hevder er verdens første test av ordinære busser på offentlig veg. De kjørte 32.6 km mellom Zhengzhou og Kaifeng. En strekning med 26 trafikklys og tett trafikk. De hadde på det meste en hastighet på 68 km/t. Bussen var blant annet utstyrt med LIDAR og kamera system. De hevder de må gjennom ytterligere tre utviklings stadier før den kan settes inn i vanlig linje trafikk.



Kilde: en.yutong.com/pressmedia/yutongnews/2015/2015IBKCFbteUf.html

Figur 25. Verdens første test av vanlig rutebuss over en 36km lang strekning i Kina 2015.

Den kinesiske regjeringen ser betydningen av automatisert vegtransport. De har lagt fram planer for permanent innføring av slike automatiserte systemer i nærheten av Beijing, i byen Tianjin allerede i 2020. Det kinesiske selskapet Baidu har utviklet software for automatiserte kjøretøy på nivå 3-5. De gikk våren 2017 ut med tilbud om fri bruk av deres software for automatisert kjøring så fremt alle data fra slik utprøving på offentlig veg i Kina ble delt med Baidu i en skytjeneste. Baidu, som kan karakteriseres som Googles motstykke i Kina, prøver på denne måten å kutte ned forspranget til andre konkurrenter. Informasjon innhentet på en slik måte i et AI system kan gi store relevante datamengder, noe som er nødvendig i utviklingen av automatiserte kjøretøy på SAE nivå 3-5.

Kina representerer en X -faktor i utvikling av høyt automatiserte kjøretøy både for personbilmarkedet og for kollektive tilbringertjenester. En X -faktor som kan framskynde utviklingen på området.

5.19 Australia

Australia er kjent for at de var tidlig ute med å ta i bruk gigantiske automatiserte lastebiler kjent som "*Autonome Haulage System*" for bruk i gruveindustrien. Blant annet i Rio Tinto i Pilbara-regionen i vestre Australia. Firmaet *Suncore* har der utstyrt gigantiske dumpertrucks og programmert de til å kjøre og navigere ved hjelp av sensorer, GPS og radarteknologi. De startet prosjektet allerede i 2011. Lastebilene er under tilsyn og mulig

fjernkontroll av personell som er stasjonert i Perth, 1800 km fra Pilbara. Hver av de 53 lastebilene har totalt 200 sensorer og drives av Cisco nettverksteknologi. De planlegger å ha en flåte av lastebiler på mer enn 150 mot slutten av 2018. Også andre jernmalmprodusenter som BHP Billiton og Fortescue vil nå sette inn automatiserte lastebiler, hovedsakelig på grunn av potensiell reduksjon i kostnader og økt sikkerhet i hele gruveprosessen. Myndighetene i Australia forbereder veiene for automatiserte biler og med installasjon av Cooperative ITS (C-ITS) for automatiserte kjøretøy. *Association of Australian and New Zealand Road Transport Authorities* har godkjent "Austroads" som er en strategisk plan for innføring av C-ITS for automatisert transport.

5.20 Forente Arabiske Emirater

Myndighetene i Dubai har nettopp inngått avtale om å kjøpe 200 Teslaer av Model S og Model X. (Kilde: avisen *The National*, i De forente arabiske emirater.) Alle bilene skal bli en del av emiratets taxiflåte.

Avtalen er en del av Dubais planer om overgang til en grønnere økonomi og et smartere samfunn.

Det er ifølge vei- og transportmyndighetene i Dubai en del av «*Dubai Smart autonome Mobility Strategy*» med sikte på å forvandle 25 prosent av alle reiser til automatiserte reiser innen 2030.

Myndigheten i Dubai forventer å ta i bruk den nyeste teknologien for automatisert kjøring som Tesla har utviklet. Tesla hevder å ha forbedret autopilot-systemet fra delvis selvstyrende SAE nivå 2 til et fullstendig selvstyrende førermiljø (SAE nivå 3-5) der behovet for en menneskelig sjåfør ikke er tilstede på det høyeste nivået. De selvstyrende egenskapene til de innkjøpte Teslaene skal nå testes ut av taxinæringen i Dubai.

Tesla slapp tidligere i år en oppdatering med nye funksjoner på bilene sine. Maskinvaren som skal til er på plass, men programvaren er ennå ikke der for at bilene skal være helt automatisert. Oppgraderingen er et ledd i utvikling av Autopilot-systemet, slik at bilene i fremtiden vil kunne bli helt automatisert. Hvilket nivå bilene som testes i Dubai har er uavklart.

6 Potensielle effekter av automatiserte kjøretøyer

Ulike aktører har skissert potensielle konsekvenser av automatiserte kjøretøy. De viktigste områdene er:

Trafikkulykker (færre ulykker): Amerikanske vegmyndigheter (NTHSA) antar at automatiserte biler kan redusere antall trafikkulykker med 90% ut fra argumentet om at ca. 90% av alle ulykker skyldes menneskelig feil. Automatikken er langt mer pålitelig, den sovner ikke bak rattet, den kjører ikke i ruset tilstand, den kan reagere og bremse langt raskere enn mennesket og er årvåken til enhver tid. I USA kan det bety 30.000 sparte liv i året. Norge har allerede verdens beste trafikksikkerhet med færrest drepte pr 100.000 kjørte km. Oversatt til norske forhold antas selvkjørende kjøretøy å gi 100 færre drepte pr år. Dette er kanskje ikke realistisk siden vi allerede har nær 100 drepte i trafikken pr år, men at det kan gi en betydelig reduksjon er hevet over tvil.

Trafikkavvikling (økt kapasitet): Fra et regulerings-teknisk synspunkt er den monodisperse fører en drøm for en trafikkingeniør. Førere eller kjøretøy som alle oppfører seg helt likt (monodisperst) og i tråd med trafikkregler, kan gi optimal trafikkavvikling. Kjøretøyene kan pakkes tettere sammen og reagere langt hurtigere på endringer til kjøretøyet foran eller starte langt raskere enn vanlige fører greier i trafikksignalanlegg. I en overgangsfase med blandet trafikk mellom vanlige kjøretøy og automatisert kjøring må vi trolig forvente redusert kapasitet.

Miljø (reduserte utslipp): Forsøk med automatisert kolonnekjøring (platooning) blant annet i EU prosjektet SARTRE viser at slik automatisering kan gi inntil 20% reduksjon av klimagasser. Ved innføring av nye mobilitetsmodeller og delingsøkonomi vil det potensielt bli færre biler i omløp fordi eierskap endres og vi deler kjøretøy. Det vil redusere utslipp av klimagasser i tråd med andel av elektriske og automatiserte kjøretøy i bilparken. Økt andel elektriske og automatiserte skyttelbusser vil gi en dør-til-dør tilbringertjeneste til kollektivknutepunkt, med tilsvarende mulig miljøgevinst.

Kostnader (mange tradisjonelle tiltak faller bort): Automatiserte følger alle trafikkregler til punkt og prikke. Det betyr at kostbare tiltak til fartsreguleringer som fartsdumper, miljøgater med mere faller bort,

Arealbruk (frigjør areal): Automatiserte biler kan pakkes tettere sammen både sidevegs og i lengde retningen. Det kan frigjøre areal som i dag nyttes til veg. Privatbiler står i dag stille 90% av tiden, - enten hjemme eller på jobben. Automatiserte kjøretøy vil i et bildelingsperspektiv være mer eller mindre i konstant bevegelse og oppta langt mindre parkeringsareal.

Vegbygging (bedre utnyttelse av eksisterende veg): Automatiserte kjøretøyer kan pakkes tettere sammen både sidevegs og i lengde retningen. Bildeling vil potensielt redusere trafikkmengden. Det vil øke kapasiteten på eksisterende veger og redusere behov for flerfeltsveger. Om alle kjøretøy er høyt automatisert g samvirkede vil automatikken håndtere samhandling. Behovet for rundkjøringer faller dermed bort.

Overvåking (redusert behov for kontroller): Automatiserte kjøretøy følger i prinsippet alle trafikkregler til punkt og prikke. Behov for Streknings ATK, fartskontroller, promillekontroller med mere faller bort.

Tidsbruk (frigjør): Med automatisert mobilitet og automatiserte kjøretøy på SAE nivå 4-5, vil forbedret trafikkavvikling potensielt gi i snitt 50 min redusert reisetid (McKinsey 2015). Tiden vi tilbringer i

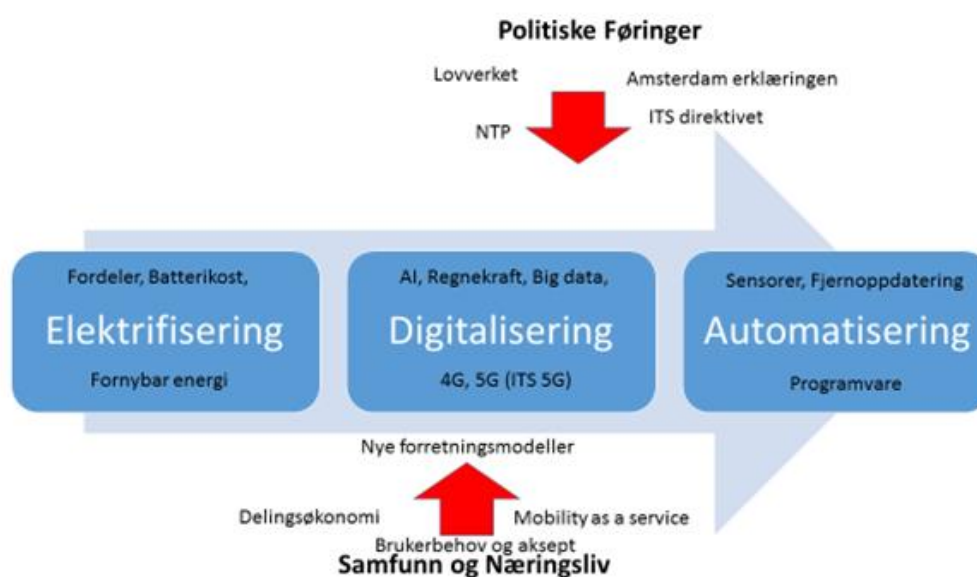
automatiserte og selvkjørende kjøretøy på SAE nivå 4-5 kan benyttes til jobbing, surfe på nett, lese, snakke med andre osv. uten at det er trafikkfarlig.

Mobilitet (økt): Behovet for føreropplæring og førerkort faller bort med automatiserte kjøretøy på SAE nivå 4-5. Automatiserte kjøretøy, enten det er personbiler eller skyttelbusser, kan oppfylle krav til universell utforming. Nye trafikantgrupper som i dag ikke har førerrett på grunn av ulike kroniske eller akutte helse svekkelser, vil få et nytt mobilitetstilbud. Begrepet eldre fører vil forsvinne. Automatiserte kjøretøy vil kunne gi økt mobilitet og livsglede i hele livsløpet.

7 utfordringer og barrierer mot innføring

Det er ikke alltid lett å spå om framtiden. Det vi vet fra forskning er at automatisering generelt kan føre til misbruk, mistillit og økt kontroll/overvåkning som kan utfordre personvernet. De samme trender og drivere kan potensielt også fremme teknologiutviklingen i uønsket retning.

Viktige aktører som påvirker teknologiske trender og til slutt avgjør framtidig mobilitet, er på den ene siden politikere og på den andre siden samfunn og næringsliv (Figur 26).



Figur 26: Trender og drivere

De viktigste barrierene mot innføring av automatiserte kjøretøy og automatisert transport er:

Misbruk: Alle tekniske systemer kan potensielt hackes og misbrukes. Særlig programvare i åpne og trådløse system. Ny teknologi møtes alltid med skepsis. Det kan være sunt, men også være uheldig og hemme utvikling.

Fjerner jobber: Automatisering fører ofte til mistillit, harme og motstand. Vi ser allerede uttrykk for det i media fra buss og taxisjåfører som frykter for sine jobber.

Svekker kjøreevne: Automatisering av føreroppgavene vil over tid svekke manuelle ferdigheter. Vi passiviseres og ved innføring av automatisert kjøring på SAE nivå 3 der føreren må forvente å ta over kontroll i visse situasjoner, kan vi rett og slett oppleve en utvikling der førere hverken er i stand til å kontrollere kjøretøyet eller reagere raskt nok. Det er grunnen til at en rekke teknologibedrifter og bilprodusenter hopper over SAE nivå 3 og heller sikter seg inn mot nivå 4-5.

Brukeraksept: I arbeidet med Foresight studien "*Trafikksikkerhet 2020*" for Teknologirådet (Jenssen 2003) ble det skissert et framtidsscenario der kjøretøy fikk flere og flere førerstøttesystemer og etterhvert ble helt automatiske i 2020. Den viktigste motstanden (barrieren) mot innføring av automatiserte kjøretøy som framkom i denne studien, var at slike kjøretøy tok fra oss kjøreleden. Gleden ved selv å ha kontroll over bilen, fartsopplevelse og mestring. Samtidig ser vi at milleniumsgenerasjonen ikke er like opptatt av å ta førerkort og eie bil, men setter pris på den frihet automatiserte biler gir til å surfe på nett og kommunisere med andre. Eldre førere setter mer pris på den forlengede mobiliteten automatiserte kjøretøyer kan gi.

Samspill med myke trafikanter: Automatiserte kjøretøyer vil i prinsippet stoppe for alle hindringer inklusiv myke trafikanter. I bytrafikk kan det potensielt i perioder med stor andel fotgjengere og syklisters stanse all automatisert kjøring. For å løse opp dette samspillet må kanskje automatiserte kjøretøyer lære seg å kommunisere. Det er foreslått at de skal utrustes med smiles som uttrykker emosjonelt om de vil la deg passere eller om de har det travelt og må få prioritet. En annen løsning er å gi de et språk slik de automatiserte transporttrallene (AGV) har i gangen på St. Olav Hospital i Trondheim.

Samspill med vanlige kjøretøy: Samspillet med vanlige manuelle kjøretøy kan potensielt være en barriere mot innføring av automatisert kjøring og automatisert mobilitet. Google har med sine automatiserte kjøretøyer registrert 21 trafikkulykker i perioden 2012-2017. Nitten av disse var påkjøring bakfra-ulykker ved trafikksignalanlegg der de selv ikke ble tildelt skyld. Årsaken er at vanlige trafikanter ofte forventer at bilen foran kjører på gult signal. For å løse problemene omkring denne dilemmasonen tok Google i 2016 patent på en løsning som beregner kjøretøyets avstand til lyskryss, egen hastighet og tid det vil ta å passere krysset. På det grunnlaget kan nå Google sine automatiserte kjøretøy nå kjøre på gult signal, mer i tråd med andre ikke-automatiserte trafikanters forventninger. De to andre ulykkene var ulike. I den ene ble Google bilen påkjørt sidevegs i trafikksignalanlegg av et kjøretøy som kjørte i høy hastighet på rødt signal. Vi må skille mellom ulykker som kunne ha vært avverget og de som ikke er mulig å avverge enten det er fører eller datamaskin bak rattet. Når Google-bilen blir påkjørt i høy hastighet fra siden av en bil som kjører på rødt, så er det en ulykke hverken datamaskinen eller en dyktig fører hadde greid å avverge på grunn av sikhindringer, den andre bilens hastighet og tid til kollisjon. Den andre ulykken skjedde ved feltskifte der google bilen måtte kjøre utenom noen sandsekker ved et sluk etter flom. Google-bilen kolliderte med en buss i lav hastighet og ble tildelt skyld. Når Google-bilen har kollidert ved feltskifte i lav hastighet, på eget og annet kjøretøy og der det ikke er sikhindringer må det imidlertid stilles spørsmål om sensorikken og programvaren i det høyt automatiserte kjøretøyet er utilstrekkelig og bør forbedres.

Teknologien: Teknologien i seg selv kan være en barriere mot innføring. Automatiserte kjøretøyer har fortsatt problemer med å finne veien og fungere under utfordrende vær og føreforhold med mye regn, snø,

slaps og sandstormer. Snødekte veier kan være vanskelige å finne fram på og sensorer kan pakkes fulle av snø. Det jobbes med løsninger blant annet i USA, Norge og Singapore. Det amerikanske forsvaret annonserte for tre år siden at de hadde løst utfordringer med navigering for automatiserte militære kjøretøy i sandstorm. Delphi Electronics har utviklet en løsning med radar plassert bak vindusruten. Normalt går ikke radarsignal gjennom glass, men ved å etablere et felt som slipper tilstrekkelig med radar signal gjennom ruten kan området holdes relativt støvfritt med vindusviskere og spylervæske. Den samme løsningen har nå Volvo lansert for å takle snøvær. MIT jobber sammen med forskere i Singapore med programvare som kan gjenkjenne regndråper og snøkrystaller og lignede og skille de ut fra bakgrunnen.

Lovverket: Som tidligere nevnt er lovverket en åpenbar barriere mot innføring av høyt automatiserte kjøretøyer. Så lenge loven krever at en fører kontrollerer bilen og sitter bak rattet er alle automatiserte kjøretøy på nivå 4 og 5 forbudt. En rekke land er nå i ferd med å endre lovverket enten for å tillatte test av slike kjøretøy på offentlige veg eller for å tillate slik kjøring på permanent basis

8 Konklusjoner

Det skjer en rivende utvikling teknologisk og markedsmessig posisjonering innen automatisert mobilitet og automatisert vegtransport. Det gjør det krevende å gi et godt bilde av kunnskapsstatus på området. Det blir for en del av fagområdet et øyeblikksbilde med begrenset gyldighet. Kunnskapsstatusen presentert her vil oppdateres regelmessig innenfor varigheten av det 3-årige SmartFeeder prosjektet.

8.1 Trender

En rekke teknologibedrifter har utfordret den tradisjonelle bilindustrien og tilbydere av busser og lastebiler. Det dukker stadig opp nye selskap og knoppskytinger og samarbeid mellom teknologibedrifter og etablert industri. Elektriske kjøretøy har færre deler og er enklere å produsere slik at spesialisert kunnskap innen den tradisjonelle bilindustrien ikke lenger er like nødvendig. Det ligger store økonomiske insentiv bak den markedsmessige posisjoneringen vi ser. Myndigheten i ulike land er også på banen med støtte til egen industri og på grunn av de potensiell samfunnsmessige gevinster som ligger i automatisert vegtransport. Lovverk for automatiserte kjøretøy er i endring i mange land og nye forretningsmodeller for automatisert mobilitet skapes.

Vi går inn i en ny æra av mobilitet med automatiserte kjøretøy, null-utslipps kjøretøy, digitaliserte veger, tilkobling, datainnsamling, bruk av data og den potensielle rollen som kunstig intelligens vil spille. Mens mange bedrifter og organisasjoner fokuserer på individuelle løsninger og utfordringer som fremtidig mobilitet vil bringe, skisserer denne rapporten kunnskapsstatus med vekt på kollektive mobilitetsløsninger. Det kan ikke gjøres uten å ta med litt av konteksten, utvikling av individuelle automatiserte kjøretøy og hvordan hele landskapet av neste generasjon av transport er i ferd med å endres. Bildet av en automatisert skyttelbuss i en Oslogate med en politimann foran (Figur 22) er ganske illustrerende for paradigmeskiftet vi er inne i. Når automatiserte biler ble introdusert i England på slutten av 1800 tallet var det lovpålagt (*Red flag act 1865*) å ha en mann gående foran som viftet med rødt flagg. Bilder fra New York i overkant av et tiår senere viser gater fulle av T-Ford. Hestene er borte.

Vi ser at automatisert mobilitet av personer og gods øker innen alle transportformer. Både i luften, på sjøen, innen bane/metro og på veg. Lovgivningen for automatisert transport endres stadig i flere land for å tillate selvstyrte, selvgående og selvkjørende droner, fly, tog, fartøy og kjøretøy.

Automatiserte kjøretøy kan operere:

1. **Fjernstyrt** - overvåket og/eller kontrollert utenfra
2. **Autonomt** - utelukkende basert på kjøretøyets egen sensorer
3. **Samhandlende** - basert på kjøretøyets egne sensorer og annen veg informasjon (V2X)

Fjernstyrte løsninger for automatiserte kjøretøy er mest utbredt i industrien, men kan i framtiden bli vanlig innen godstransport, der det allerede i dag er vanlig at et logistikkcenter overvåker og styrer transport. Overvåking og fjernstyring er også noe som vurderes for automatiserte tilbringertjenester med skyttelbuss av hensyn til sikkerhet, passasjerenes trygghet og driftsstabilitet. For øyeblikket ser vi at utvikling av sensorsystem, programvare og kunstig intelligens utvikles raskest innen det individuelle personbilmarkedet. Det skjer ved forskning, innovasjon, utprøving og samarbeid eller oppkjøp av ledende teknologibedrifter. Det er stor flyt av kunnskap i form av personell mellom universiteter, teknologibedrifter og kjøretøyutviklere.

Automatiserte elektriske kjøretøy har færre komponenter og er enklere å produsere. Det har utfordret den tradisjonelle bilbransjen. Automatisering krever en annen kompetanse en utvikling av tradisjonelle førerstyrte kjøretøy. Vi ser at store teknologi- og programvarebedrifter som Google og Baidu seiler opp som seriøse utfordrere. Samtidig ser vi at permanente kollektive skyttelbussilbud og automatiserte taxitjenester allerede er etablert. De har et grep i markedet som personbilindustrien søker å ta igjen.

Driverne bak utviklingen er mange, men de viktigste motivene for å automatisere transportløsninger er økonomiske, politiske og teknologiske. Ny teknologi gjør det mulig å produsere sikre, miljøvennlige og enklere kjøretøy. Det er et kappløp der bedrifter, organisasjoner og myndigheter i ulike land konkurrerer om å ta ledende posisjoner innen det den nye mobilitets æra kan tilby.

Automatiserte elektriske kjøretøy kan endre, påvirke og forme vår fremtidige mobilitet og livskvalitet. De viktigste suksesskriteriene og potensialet for høyere nivåer av automatisert kjøring er:

1. **Sikkerhet:** Redusere ulykker forårsaket av menneskelige feil.
2. **Effektivitets- og miljømål:** Nye urbane mobilitetsløsninger kan øke effektiviteten i transportsystemet og redusere tid brukt i overbelastet kø trafikk med. Jevnere trafikkavvikling kan bidra til å redusere energiforbruket og utslippene til kjøretøyene.
3. **Komfort:** Gi brukere frihet til andre aktiviteter når automatiserte systemer er aktive.
4. **Sosial inkludering:** Sikre mobilitet for alle, inkludert eldre og brukere med nedsatt førerlighet eller andre helsemessige svekkelser.
5. **Tilgjengelighet:** Tilrettelegge for tilgang til bysentra for personer og gods.

8.2 Suksesskriterier

Det er fortsatt mange usikkerhetsmomenter knyttet til suksesskriteriene. Skal vi oppnå potensialet som ligger i automatisering på høyere nivå så må en del utfordringer løses. De viktigste utfordringene og barrierene er:

1. **Lovverk og ansvar:** Dagens lovverk i Norge og mange andre land tillater kun utprøving av automatiserte kjøretøy. Vi ser at flere og flere land etablerer egne lover og regler for utprøving av automatiserte kjøretøy på offentlig veg. Hittil er det bare staten Nevada i USA som tillater permanent bruk av automatisert kjøring i vanlig trafikk. Lovverket varierer både fra stat til stat innen USA og fra land til land i verden forøvrig. Harmonisering av lover og regler er nødvendig for at kjøretøy skal kunne passere problemfritt mellom stater i USA eller over landegrenser. I noen tilfeller slik som i Michigan, ser det ut til at lovverket brukes for å stanse eller hindre konkurranse. Der kreves det at teknologiselskap og andre som utvikler automatiserte kjøretøyer må gjøre det i samarbeid med etablert bilindustri for å få adgang til test på offentlig veg. Enkelte stater og land krever forsikring og forsikringsbransjen er i ferd med å tilpasse tilbud. I England har det vært diskutert å legge ansvar på nasjonalt nivå. Argumenter og aksept for at forsikringsansvar legges til kjøretøyprodusentene vinner imidlertid fram. Volvo har som den første produsenten erklært at de tar ansvar om noen skades i deres automatiserte kjøretøy. Om automatisert mobilitet med automatisert kjøretøy skal bli en realitet må lovverket tillate bruk på offentlig veg. Internasjonale standarder for testing og godkjenning av slike kjøretøy og overnasjonalt lovverk er nødvendig for å ivareta sikker automatisert transport med høyt automatiserte kjøretøy av personer og gods over landegrenser.
2. **Eierskap:** Om det bare utvikles og tilbys automatiserte versjoner av personbiler vil vi ikke kunne oppnå effektivitets- og miljømål eller mål for tilgjengelighet. Individuell transport og eierskap vil potensielt øke om vi bare gjør dagens personbil automatisert. Flere vil kunne benytte seg av slike kjøretøy og de vil potensielt kjøre mer avhengig av blant annet tilgjengelighet til parkeringsplasser. Bare ved en vesentlig andel bildeling og kollektive løsninger og tjenestetilbud, kan ønskede transportpolitiske mål nås.
3. **Brukeraksept:** Automatiserte kjøretøy må ha tilstrekkelig sikkerhet, forutsigbarhet og komfort. De må også ha vern mot hacking og ivareta personvern. Hvis brukerne ikke finner kjøretøyet, tilbudet, eller tjenesten attraktivt vil utviklingen i denne retningen strande.
4. **Teknologi:** Teknologien i seg selv kan være en barriere mot innføring. Automatiserte kjøretøy har fortsatt problemer med å finne veien og fungere under utfordrende vær og føreforhold med mye regn, snø, slaps og sandstormer. Snødekte veier kan være vanskelige å finne fram på og sensorer kan pakkes fulle av snø. Automatiserte kjøretøy må utvikles slik at de takler alle forhold det vil møte like bra eller bedre enn førerstyrte kjøretøy.
5. **Samspill med myke trafikanter:** Automatiserte kjøretøy vil i prinsippet stoppe for alle hindringer inklusiv myke trafikanter. I bytrafikk kan det potensielt i perioder med stor andel fotgjengere og syklisters stanse all automatisert kjøring. Det vil redusere trafikkflyt og potensielle effektivitets- og miljøgevinster. For å løse opp dette samspillet i et delt vegnett må automatiserte kjøretøy lære seg å kommunisere, bli forutsigbare og forhandle om forkjørsrett.
6. **Samspill med vanlige kjøretøy:** Automatiserte kjøretøy vil i prinsippet følge alle lover og regler til punkt og prikke. Det kan være et brudd med forventninger og lokal trafikkultur. Ulykker har allerede skjedd på grunn av det. For å unngå slike ulykker må automatiserte kjøretøy være lette å indentifisere for andre trafikanter. Justering av programvare må vurderes for å tilpasses lokal trafikkultur og forventninger til atferd i ulike trafikksituasjoner.

Europa er ledende med å utvikle og teste kollektive og automatiserte kjøretøy for anvendelse i by. Automatiserte kjøretøy du kan dele med andre, bestille som en taxi dør til dør, i fast rute eller som en tilbringertjeneste til og fra kollektivknutepunkt. EU har finansiert demonstrasjoner og piloter med små automatiserte skyttelbusser i 10 byer over hele Europa i forskningsprogrammet CityMobil2. To franske selskaper, EasyMile og Navya, og nederlandske 2getthere har dukket opp som ledende kommersielle automatiserte bussprodusenter. EasyMile leverte de fleste skyttelbussene til CityMobil2-prosjektet og lanserte også separat demonstrasjon i Nederland under navnet WEPod. Selskapet 2getthere etablerte den første permanente linjen på offentlig veg i Nederland allerede under det første CityMobil prosjektet. Linjen i Rivium (NL) er utstyrt med magnetiske transpondere for å forenkle navigering. Det diskuteres om slik infrastruktur er nødvendig eller om teknologi ombord i selvkjørende skyttelbussene er tilstrekkelig for sikker navigering og ferdse. Anbefalinger fra CityMobil2 går på å utvikle automatiserte kjøretøy for en delt infrastruktur. Fleksible automatiserte kjøretøy som ikke er avhengig av magneter eller andre transpondere i gate veg eller vegkant. Norge og andre land med snø og islagte gater og veger må kanskje søke å etablere infrastruktur for "snømatisk" kjøring. Automatisert kjøring på snødekte veger og gater der vegmerking og konturer av vegens videre forløp viskes ut eller der snøvær og slaps hindrer sensorsystem fra å virke, er en utfordring. Lite er hittil gjort for å løse disse utfordringene. Her har norske FOU miljø og bedrifter mulighet til å ta en ledende posisjon. Skal automatisert mobilitet bli et helårstilbud i Norge så må de teknologiske barrierene for sikker ferdse under alle veg-, vær- og trafikkforhold løses. Det er mulig å øke standarden på vinterdrift, men det vil likevel ikke sikre mobilitet under alle forhold. Det finnes lovende snømatisk teknologi og programvareløsninger både for kjøretøy og infrastruktur som bør utvikles og prøves ut på norske veger og gater. Singapore har opplevd lignende utfordringer med driftsstabilitet for automatiserte skyttelbusser under regnskyll. Singapore ligger i det tropiske beltet og har heftige regnskyll en til to ganger om dagen.

Vi ser at de europeiske produsentene av automatiserte skyttelbusser tar markedsandeler også utenfor Europa. Navya, som har inngått avtale med det sveitsiske transportselskapet CarPostal for å drive automatiserte skyttelbusser i den sveitsiske byen Sion, har nå også undertegnet en avtale med Contra Costa Transportation Authority i California for å teste skyttelbussene i to forretnings og kontorområder i utkanten av San Francisco. Selskapet 2getthere har etablert et permanent tilbud med selvkjørende skyttelbusser i Abu Dhabi.

8.3 Automatisert mobilitet i by

Dette området preges i dag av automatiserte kjøretøy med lav hastighet og høy automatisering.

Cyber – transport

Det eksisterer permanente tilbud/tjenester som opererer i lav hastighet i blandet trafikk og/eller på dedikert vegareal. Utviklingen går mot nye typer automatiserte kjøretøy for urban mobilitet i blandet trafikk. Eksempelvis "cybercars" (automatiserte skyttelbusser eller "personbil" med delt eierskap), automatiserte bybusser, "robotaxi" (automatisert drosje), og "dual-mode" kjøretøy som opererer både manuelt og automatisert.

PRT

Det utvikles Personal Rapid Transport (PRT) for rask transport med mindre kjøretøy (pods) på dedikert infrastruktur, potensielt over lengre strekninger og skyttelbusser for mer lokal dør til dør tjeneste.

Selv-parkering

Bilindustrien jobber med dual-mode kjøretøy som gradvis blir automatiserte. Først kommer tilbud om selv-parkering inn og ut av parkeringsplasser og parkeringshus via smarttelefon eller nøkkelringfunksjonalitet. Føreren venter utenfor, men kan hele tiden overvåke og eventuelt stoppe bilen på veg til eller fra seg selv.

Automatisert kjøring i tett trafikk

Bilindustrien jobber med en videreføring av cruisekontroll og adaptiv cruisekontroll som gjør kjøretøyet i stand til automatisert kjøring i køtrafikk for hastigheter rundt 30 km/t.

Automatiserte kjøretøy

Teknologibedrifter som Tesla, Uber, Google og Baidu med flere jobber direkte mot høyt automatiserte kjøretøy som kan operere i normale hastigheter under alle forhold. De utfordrer den tradisjonelle bilindustrien og en del av disse sikter nå direkte mot høyt automatiserte kjøretøy på SAE nivå 4. Volvo og Nissan er eksempler på slike aktører. De hopper over SAE nivå 3 og utvikler kjøretøy som kan operere automatisert både i lave hastigheter og i høye hastigheter på urbane motorveger.

Automatisert bybuss

Det utvikles høyt automatiserte bybusser der systemet i en overgangsfase overvåkes av en sjåfør, men målet er at de på sikt kan overvåkes fra en sentral og fjernstyres/stoppes om nødvendig. Slike busser har vært testet både i Europa, Kina og i Singapore. Singapore hevder de vil etablere et permanent tilbud for slike busser på offentlig veg i løpet av 2017.

Automatisert godstransport i by

Det utvikles høyt automatiserte lastebiler/vogntog for langtransport. Disse vil kunne operere i automatiserte kolonner (platooning) med en sjåfør i ledebilen og sovende/hvilende sjåførere i de som følger på. Målet er at automatiserte lastebiler/vogntog skal operere uten sjåfør, ikke bare mellom byer, men også helt fram til terminal eller leveringssted i by. Scania er ledende på forsøk med platooning i Europa. Otto og Daimler har hatt vellykkede test turer med automatiserte vogntog på tvers av USA.

Uber utnytter kapasiteten i sin taxiflåte og tilbyr nå pakketransport når det ikke er kunder i bilen. Slike tilbud er lansert i blant annet Los Angeles og Shanghai. På sikt vil denne transporten for mindre pakker foregå med automatiserte elektriske kjøretøy som overvåkes og eventuelt fjernstyres fra en sentral.

Det har lenge vært små robotiserte traller på markedet for anvendelse på lukket område i industrien, sykehus og lignende avgrensede områder (St Olavs sykehus i Trondheim, Starship robots, osv.)

Kappløpet om utvikling av automatiserte kjøretøy (Automated Vehicle (AV)) er intenst. Milliarder blir brukt til å utvikle sensorer, maskinvare, programvare og kart, samt til testing i ulike trafikksituasjoner under ulike typer kjøreforhold. Selv om veikartet fram til nivå 5 er uklart, er mellomliggende nivåer av automatisering synlige. Nivå 2 er med Tesla sin Autopilot en realitet. De mest avanserte bilprodusentene har annonsert utgivelsen av Nivå 3-biler rundt 2019, men noen vil hoppe over dette nivået. De første Nivå 4-bilene er kunngjort for 2021 med spesifikke funksjoner og anvendelsesområder. Imidlertid vil automatiserte skyttelbusser sannsynligvis bli de første høyt automatiserte brukstilfeller folk vil stifte bekjentskap med. Det

kan bidra til offentlig aksept for automatisert kjøring generelt, men også gi tilbakeskritt om tilbudet ikke svarer til forventninger og behov.

Automatiserte skyttelbusser er allerede en del av landskapet i en rekke testområder og byer rundt om i verden. De blir testet og evaluert av offentlige og private operatører. Hittil er det begrenset vitenskapelig dokumentasjon fra slik utprøving. Det mest relevante innen tilbringertjenester med automatiserte skyttelbusser har vi fra de europeiske prosjektene CityMobil og CityMobil2. Automatiserte skyttelbusser vil bli de første automatiserte kjøretøyene en stor andel trafikanter vil bli kjent med og vant til. Ikke bare i Norge, men også i en rekke andre land. Allerede har flere millioner trafikanter brukt de permanente tilbudene med automatiserte skyttelbusser i Nederland og i de Arabiske Emirater. Det koster i dag 1.5-2 millioner NOK for en automatisert skyttelbuss med kapasitet på 12-15 personer og en topphastighet på 25 -30km/t. De er etablert eller blir testet på forhåndsbestemte ruter eller som etterspørselsbaserte, søkbare tilbud innen geo-avgrensede områder. De fleste opererer for øyeblikket på virtuelle spor, som er ideelle for avgrensede urbane miljøer, som bysentra, universitets- og bedriftsområder, industriområder, boligområder eller fornøylesparker.

Slike elektriske selvkjørende skyttelbusser har nå blitt testet i Paris, La Rochelle, Las Vegas, London, Lausanne, Taipei, Singapore og Dubai med flere. Så lang har de vært brukt som tilbringertjeneste (last mile service). Men automatisert bytransport av gods åpner et nytt marked og muligheter for slike kjøretøy. Flere etablerte bilprodusenter (Volvo, Volkswagen, Nissan) og utfordrere som Uber og Google jobber mot å tilby automatiserte taxier. Daimler og Bosch har inngått et kompaniskap for å kunne tilby automatiserte taxier på nivå 4 innen 2020. Sentrale produsenter som Navya, Easymile, 2getthere og i noen grad Local Motors har allerede skaffet seg erfaring fra bruk under ulike trafikkforhold. Alstom, som er en større produsent og servicetilbyder innen jernbanesektoren, har investert i Easymile for å kunne utvide sitt spekter av tjenester. Keolis er et etablert transportselskap som har investert i Navya for å kunne tilby automatiserte skyttelbusser som del av sitt tilbud.

Aktører som er gode på organisering av transporttjenester tar sikte på å operere flåter av automatiserte skyttelbusser. Blant annet BestMile som er gode på baksystemer (forsendelse, ruteplanlegging, energi effektiv transport og operatørsystem) og brukergrensesnitt mot kunder. Ridecell er gode på bil-delings systemer (ride sharing) og går nå i kompaniskap med produsenter av skyttelbusser.

8.4 Forskning på effekt av automatisert kjøring

Det er foreløpig lite tilgjengelig forskning på driftserfaringer og brukeraksept fra de ulike pilotprosjektene omkring i verden.

Ulykker eller hendelser

Det er rapporter fra ulykker med automatiserte kjøretøy på nivå 2, - stort sett med D sin "Autopilot". De har hatt flere påkjørsler av parkerte biler på motorveg. Det er rapportert to dødsulykker så langt- En dødsulykke i Kina der en fører omkom etter å ha kollidert med en parkert lastebil som stod halvveis ut i vegbanen. Vi vet lite om ulykken ut over omtale i media og en video av ulykken <https://www.youtube.com/watch?v=fc0yYJ8-Dyo>.

En dødsulykke etter kollisjon med trailer i et kryss er mer grundig dokumentert. Google har hatt 16 ulykker med sine kjøretøy. Alle unntatt en (feltskifte/kryss) skyldes førerfeil fra manuelt styrte biler de har vært i samspill med. Det er påkjøring bakfra-ulykker ved trafikksignalanlegg der den manuelle bilen forventer at

Google bilen skal kjøre på gult lys. Google har nå tatt patent på automatisering av "dilemmasonen" gjennom et system som beregner og tillater Google-biler å kjøre på gult lys. Uber har hatt en feltskifteulykke.

Det er forsket en del i kjøresimulator på nivå 3 kjøretøy. Denne forskningen viser entydig at delvis automatisert kjøring på dette nivået kan føre til en ny type ulykker som skyldes at vi ikke greier å ta over kontrollen tidsnok når det en sjelden gang er nødvendig.

Traffikkavvikling

Forskning på hvilke effekter automatisert kjøring kan ha for trafikkavvikling er foreløpig basert på simuleringer. Resultatene spriker og er heftet med stor usikkerhet. Teoretisk kan automatisering føre til store forbedringer, men også til mer kø avhengig av om automatiserte kjøretøy blir et kollektivt tilbud, har delt eierskap eller bare erstatter dagens manuelt kontrollerte personbiler med brenselmotor.

Samspill med myke trafikanter

Det er hittil forsket lite på samspill mellom automatiserte kjøretøy og myke trafikanter. Men noe forskning foreligger i Nederland der folk er vist bilder de skal reagere på og i Sverige med de første prototyper på et kommunikasjonssystem basert på LED lys i overkant av frontruten. Resultatene er foreløpige og bare representative for folks umiddelbare reaksjon på slike kjøretøy og kommunikasjonssystem, ikke hvordan folk vil tilpasse seg slike kjøretøy over tid.

Tilbringertjenester

De mest pålitelige resultatene fra forsøk med selvkjørende skyttelbuser og automatiserte tilbringertjenester har vi fra Citymobi2 og de etablerte tilbudene i Rivium og Abu Dhabi. De kan vise til driftserfaring med millioner av passasjerer, minimalt med tekniske problemer og et passasjer belegg på hele 85 %.

Holdning til automatisert kjøring

Det er forsket på folks holdninger til automatiserte kjøretøy. Et 20 talls survey studier fra ulike land og med ulikt antall respondenter viser entydig at holdningene har gått fra negativ til overveiende positiv over en 20 års periode der studiene er gjennomført.

9 Referanser

1. Barts A. , Eberle U. & Knapp A. (2015). *System classification and glossary* D2.1. AdaptiVe. Automated Driving Applications and Technologies for Intelligent Vehicles.7th Framework Programme, Co-operative mobility. EU commission.
2. Bloomberg.com, 2017. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-03-02/uber-to-play-by-the-rules-in-california-for-self-driving-cars>
3. Ca.gov. State of California, Department of Motor Vehicles.
https://www.dmv.ca.gov/portal/dmv/detail/vr/autonomous/disengagement_report_2016
4. Citymobil. <http://www.citymobil2.eu/en/>
5. Daniel Watzenig & Martin Horn (2016) *Automated Driving, Safer and More Efficient Future Driving* October 5, 2016. Springer.
6. Dispatch (2017). <http://www.iotsolutionprovider.com/retail/last-mile-delivery-robots-get-green-light-in-five-states?itc=refresh>
7. ERTRACK (2015). *Automated roadmap* Version 5.0 Ertrack Task Force on Connectivity and automated driving.
8. Harper C.D., Hendrickson C.T., Samaras C. (2016) *Cost benefit estimates of partially automated vehicle collision avoidance technologies*. Accident analysis and prevention 95 (2016) 105-1015
9. Holger H. Meinel og Wolfgang Boch (2017). Radar Sensors in Cars. Automated Driving: Safer and More Efficient Future Driving. Redigert av Daniel Watzenig, Martin Horn s.245-265
10. James A. Anderson, Nhidi Kalra, Karlyn D. Stanley, Paul Sorensen, Constantine Samaras and Oluwoatobi A. Oluwatola (2016). *Autonomous Vehicle Technology. A guide for Policymakers*. RAND Corporation. ISBN 987-0-8330-8398-2.
11. Jenssen G.D. (2010). Doctoral Thesis: *Behavioral Adaptation to Advanced Driver Assistance Systems. Steps to Explore Safety Implications.* NTNU Faculty of Engineering and Technology
12. Jenssen G.D. (2014). *Mulighetsstudie - Automatisert vinterdrift av flyplasser. Feasibility of automated winter maintenance of airports* (in Norwegian). SINTEF Notat F102006414/1
13. Meinel & Boch (2016) *Radar Sensors in cars*. In Automated Driving, Safer and More Efficient Future Driving. October 5, 2016. Daniel Watzenig & Martin Horn Eds., pp 245-265. Springer.
14. Moen T., Jenssen G.D., Lervåg L.E., 2017. Borealis, E8 Feasibility study.
15. MIT (2013). *A Test Drive of the Most Advanced Driverless Cars*. MIT Technology Review
<https://thewere42.wordpress.com/2013/11/01/a-test-drive-of-the-most-advanced-driverless-cars-mit-technology-review/>
16. McKinsey (2015) Ten ways autonomous driving could redefine the automotive world
<https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/ten-ways-autonomous-driving-could-redefine-the-automotive-world>
17. NCSL. <http://www.ncsl.org/research/transportation/autonomous-vehicles-self-driving-vehicles-enacted-legislation.aspx>

18. NHTSA (2016). <https://www.nhtsa.gov/press-releases/us-dot-advances-deployment-connected-vehicle-technology-prevent-hundreds-thousands>
19. OECD/ITF, 2015. Urban Mobility System – How shared self-driving cars could change city traffic. Corporate Partnership Board Report.
20. PostBus, Sion, Swiss. <https://www.postauto.ch/en/smartshuttle-projekt>
21. Staten Ohio i USA, lov som tillater bruk av leveringsroboter, juli 2017. <https://www.recode.net/2017/7/5/15916688/ohio-fifth-state-delivery-food-robots-starship-law>
22. SAE J3016, *Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles*, SAE International September 2016
23. Statens Vegvesen (2016). Utvikling av Samvirkende ITS. Et veikart mot fremtiden: Delrapport fra etatsprogrammet SmITS. Vegdirektoratet, Veg- og transport/Trafikksikkerhet, miljø og teknologi Trafikkforvaltning/ITS, Oktober 2016
24. Techcrunch.com. <https://techcrunch.com/2017/01/11/las-vegas-launches-the-first-electric-autonomous-shuttle-on-u-s-public-roads/>
25. Technavio <https://www.roboticsbusinessreview.com/supply-chain/delivery-robots-ready-satisfy-demand-economy/>
26. Tennøe T., Jenssen G.D., Ehde S. (2003) Trafikken i 2020. Sluttrapport fra et Scenarieverksted. <https://teknologiradet.no/wp-content/uploads/sites/19/2014/07/Sluttrapport.pdf>
27. Tobias Lagström & Victor Malmsten Lundgren (2015). *AVIP - Autonomous vehicles' interaction with pedestrians. An investigation of pedestrian-driver communication and development of a vehicle external interface*. Chalmers University of Technology. Gothenburg, Sweden.

Appendix 1: Prosjekt oversikt

Nylige og pågående Europeiske prosjekt innen Samvirkende og Automatisert vegtrafikk					
Kategori	Akronym	Navn	Varighet	Hensikt	Testmiljø
Automatiserte Skyttelbusser	SmartFeeder	Smart and green feeder service	01/2017-01/20	LAST MILE tilbringertjeneste Prøveprosjekt med automatiserte skyttelbusser i flere norske byer Norwegian byer	<i>Test i krevende vegtrafikk, vær og føreforhold</i> <i>Interaksjon med myke trafikanter</i>
Automatiserte Skyttelbusser	Greenwich		??	LAST MILE on demand tilbringertjeneste. Prøveprosjekt med automatiserte Skyttelbusser og "Pods" i London	<i>Test i krevende trafikk, men relativt stabile vær og føreforhold</i> <i>Interaksjon med myke trafikanter</i>
Automatiserte Kjøretøy for snørydding	Yeti	Yeti Snow Tecnology	2016-2019	AUTOMATISERT VINTERDRIFT AV FLYPLASSER Utvikling og demonstrasjon av selvkjørende kjøretøy for vintervedlikehold av norske flyplasser	<i>Test i krevende vær og føreforhold</i> <i>Enkle og forutsigbare trafikkforhold</i>
Automatiserte vogntog	Scania & AB Volvo	Ukjent	02 /2016 12/2020	AUTOMATISERTE TYNGRE KJØRETØY Gruvedrift i Kiruna & Platooning mellom europeiske byer	Test i krevende vær og føreforhold Både i enkle trafikkforhold og motorveg
Automatiserte kjøretøy	DriveMe	Selvkjørende kjøretøy for bærekraftig mobilitet	03/2017-10/2020	AUTOMATISERTE CARS Hvordan automatiserte vil fungere i urbane omgivelser. Samspill med andre manuelle kjøretøy mye trafikanter og krav til vegutforming, infrastruktur	Prøveprosjekt i vanlig bytrafikk i Gøteborg og London. Alle forekommende vær og føreforhold i trafikk med både høyre og venstre kjøring
Automatiserte kjøretøy, Skyttelbusser	CityMobil2	Byer med prøveprosjekt og demonstratorer for automatisert passasjertransport i bygater	09/2012 – 08/2016	URBAN TRANSPORT Automatiserte vegtransport system, automatiserte kjøretøy, selvkjørende, urban transport, sikkerhet, infrastruktur, lovgivning.	Prøveprosjekt i bytrafikk under varierende veg, vær, føre og trafikkforhold, men trolig ikke snødekte veger og i snøvær
Automatiserte Tyngre kjøretøy	Cargo-ANTS	Godshåndtering i by med automatiserte transport systemer	09/2013 – 08/2016	GODSTERMINALER Utvikle smarte Automatiserte selvkjørende kjøretøy	No

		for havner og terminaler		(AGV's) og automatiserte tungbiler (ATs) som kan samvirke innenfor delte arbeidsområder på en effektiv sikker måte. Transport i havner og godsterminaler	
Automatiserte Kjøretøy	V-Charge	Automatiserte parkingstjenester og ladesystem for e-Mobilitet	06/2011 – 09/2015	PARKERING Selvkjørende parkering og hentesystem, smart ladesystem automatisert kjøring, multi -kamera system, multi -sensorsystem	Enkle trafikkmiljø Enkle vær og føreforhold
Automatiserte Truck	FURBOT	Freight Urban RoBOTic Vehicle	11/2011 – 02/2015	AUTOMATISERTE ELEKTRISKE LASTEBILER transport i urbane områder, robotics.	Urbane miljø
Førerstøttesystem	Prospect	PROactive Safety for PEdestrians and CyclisTs	05/2015 – 10/2018	ANTIKOLLISJON (COLLISION AVOIDANCE) 1)Identifisering av situasjoner med myke trafikanter basert på ulykkesanalyser 2)Forbedring av funksjon til AEB system i forhold til syklist og fotgjengere	Ikke spesifisert
Førerstøttesystem	AdaptiVe	Automatiserte kjøre applikasjoner og teknologier for Intelligente kjøretøy	01/2014 – 06/2017	JURIDISK RAMMEVERK Automatisert kjøring, lastebiler, motorveger, transport i byer	Ikke spesifisert
Førerstøttesystem	DESERVE	Development platform for Safe and Efficient dRiVE	09/2012 – 02/2016	Automatiserte lastebiler Software plattform for automatisk kjøring	Ikke spesifisert
Samvirke & kommunikasjon	SCOUT	Safe and COnnected aUtomation in road Transport	01/06 2016 - 30 /06 2018	CONNECTED AUTOMATION automotive, telecom and ICT industries Identify technical gaps, use cases business models cross sectorial roadmap infrastructure deployment	Ikke spesifisert
Samvirke & kommunikasjon	AMiDST	Analysis of Massive Data Streams	01/2014 – 12/2016	BIG DATA Utvikling av "Stream processing, software" for kjøretøy	Ikke spesifisert
Samvirke &	COMPANION	Cooperative dynamic			Ikke spesifisert

kommunikasjon		formation of platoons for safe and energy-optimized goods transportation			
Samvirke & kommunikasjon	AutoNet2030	Co-operative Systems in Support of Networked Automatiserte Driving by 2030	11/2013 – 10/2016	Utvikling og testing av kooperativ automatisert kjøre teknologi for 2020 til 2030.	Ikke spesifisert
Samvirkende/ Cooperative utfordringer	i-GAME / GCDC	Grand Cooperative Driving Challenge	10/2013 – 10/2016	Framskynde implementering og samspillsevne for trådløs kommunikasjon basert på automatisert kjøring. Arrangere "the second Grand Cooperative Driving Challenge" – GCDC 2016.	Ikke spesifisert
Samvirkende/ Cooperative utfordringer	VRA	Support action for Vehicle and Road Automation network	07/2013 – 12/2016	Skape samarbeidende nettverk for Ekspert og interessenter som arbeider med spredning av Automatiserte kjøretøy og relatert infrastruktur.	Ikke spesifisert



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no