



På oppdrag fra NHO
desember, 2017

THEMA Rapport 2017 - 32 i samarbeid med Leafhill AS og In Versa AS



IN
VERSA

Om prosjektet

Prosjektnummer:	NHO-17-02	Rapportnavn:	Digitalisering og morgendagens mobilitet
Prosjektnavn:	Digitalisering og morgendagens mobilitet	Rapportnummer:	2017-32
Oppdragsgiver:	Næringslivets hovedorganisasjon NHO	ISBN-nummer	978-82-8368-027-0
Prosjektleder:	Gorm Lunde	Tilgjengelighet:	Offentlig
Prosjektdeltakere:	Gunnar Løvås (Leafhill), Henrik Berg (In Versa), Guro Persen, Malin Wikum og Kristine Fiksen	Ferdigstilt:	22. desember 2017

Om rapporten**Brief Summary in English**

The report describes the state and possibilities of digitalisation in the transport sector. In the first chapter, we discuss digitalisation with a broad perspective, while the next two chapters focuses on autonomy in vehicles and intelligent transport systems (ITS). The report elaborates about the current state of development, the speed of implementation, possibilities arising from the new solutions and what kind of barriers are needed to overcome to achieve a successful implementation. Norway has a position as an early adapter of technology in general, especially electrical vehicles, and should grasp the opportunity to utilise digitalisation to increase the efficiency in our transport system, for both freight and passenger transport. This could imply that some of the investments should be canalised towards smart technology rather than to "traditional" infrastructure development. The technology development we experience within transport is high, but still at an early stage. Possibilities for Norway exists to develop new companies and achieve jobs within smart transport solutions like ITS, sensors and user friendly digital services.

Om THEMA Consulting Group

Øvre Vollgate 6 0158 Oslo, Norway Foretaksnummer: NO 895 144 932 www.thema.no	THEMA Consulting Group tilbyr rådgivning og analyser for bærekraftig omstillingen av norsk og internasjonal økonomi basert på dybdekunnskap om energi- og transportmarkedene, bred samfunns-forståelse, lang rådgivningserfaring, og solid faglig kompetanse innen samfunns- og bedriftsøkonomi, teknologi og juss.
--	---

Om In Versa

Universitetsgaten 8 0164 Oslo, Norway Foretaksnummer: NO 990 555 311	In Versa leverer oppdrag innenfor strategi- og forretningsutvikling, og utfører i tillegg utrednings- og analyseoppgaver innenfor samferdselssektoren og med særlig fokus på rammevilkår og politikkutforming..
--	---

Om Leafhill

Øvre Vollgate 6 0158 Oslo, Norway Foretaksnummer: NO 918 656 693 www.leafhill.no	Leafhill tilbyr rådgivning mot samferdselsbransjen og kraftsektoren, primært innen strategi og kommunikasjon, prosjektgjennomføring, og digitalisering.
--	---

Disclaimer

Hvis ikke beskrevet ellers, er informasjon og anbefalinger i denne rapporten basert på offentlig tilgjengelig informasjon. Visse uttalelser i rapporten kan være uttalelser om fremtidige forventninger og andre fremtidsrettede uttalelser som er basert på oppdragstakerne, THEMA Consulting Group AS, Leafhill og In Versa (oppdragstakerne heretter) sitt nåværende syn, modellering og antagelser og involverer kjente og ukjente risikoer og usikkerheter som kan forårsake at faktiske resultater, ytelser eller hendelser kan avvike vesentlig fra de som er uttrykt eller antydning i slike uttalelser. Enhver handling som gjennomføres på bakgrunn av vår rapport foretas på eget ansvar. Kunden har rett til å benytte informasjonen i denne rapporten i sin virksomhet, i samsvar med forretningsvilkårene i vårt engasjementsbrev. Rapporten og/eller informasjon fra rapporten skal ikke benyttes for andre formål eller distribueres til andre uten skriftlig samtykke fra oppdragstakerne. Oppdragstakerne påtar seg ikke ansvar for eventuelle tap for Kunden eller en tredjepart som følge av rapporten eller noe utkast til rapport, distribueres, reproduseres eller brukes i strid med bestemmelsene i vårt engasjementsbrev med Kunden. Oppdragstakerne beholder opphavsrett og alle andre immaterielle rettigheter til ideer, konsepter, modeller, informasjon og "know-how" som er utviklet i forbindelse med vårt arbeid.

INNHold

SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	3
1 FRAMTIDEN ER DIGITAL - OG DIGITALISERING ER MER ENN TEKNOLOGI. 5	
1.1 Rammeverk for digitalisering av transportsektoren	5
1.2 Endrede mobilitetsbehov	5
1.3 Digitalisering av kjøretøy.....	7
1.4 Nye forretningsmodeller.....	7
1.5 Digitale plattformer endrer kundedialogen.....	8
1.6 Endret planlegging og utbygging av infrastruktur	9
1.7 Endret drift og vedlikehold av infrastruktur	10
1.8 Smart styring av trafikksystemet	10
1.9 Endrede politiske prioriteringer	11
2 AUTONOME TRANSPORTMIDLER	13
2.1 Innledning	13
2.2 Status på teknologiutvikling	13
2.2.1 Landbaserte autonome kjøretøy	13
2.2.2 Autonom maritim transport.....	20
2.2.3 Tog og T-baner	20
2.2.4 Luftfart	22
2.3 Framtidsutsikter for autonome kjøretøy.....	22
2.3.1 Implementeringshastighet for ulike nivåer av selvkjøring	22
2.3.2 Scenarioer for bruk av autonome kjøretøy og bildeling	25
2.4 Forutsetninger for videre testing og bruk av autonome transportmidler	27
2.4.1 Teknologiutvikling	27
2.4.2 Juridiske avklaringer	27
2.4.3 Sikkerhetshensyn	28
2.4.4 Infrastruktur	29
2.5 Barrierer for implementering av autonome transportmidler	29
2.5.1 Drivere.....	29
2.5.2 Finansielle barrierer	29
2.5.3 Forbrukerbarrierer.....	30
2.5.4 Behov for internasjonal koordinering av standard og regelverk	30
2.5.5 Behov for tilpasset infrastruktur.....	30
2.6 Norske fortrinn ved testing og utvikling av autonome kjøretøy	30
3 SAMVIRKENDE ITS	33
3.1 Hvorfor ITS?	33
3.1.1 Nytt av samvirkende ITS.....	34

3.1.2	<i>Samvirkende ITS må ses i sammenheng med autonome kjøretøy</i>	35
3.2	Status: Implementering av samvirkende ITS	35
3.2.1	<i>Learning-by-experience tilnærming</i>	35
3.2.2	<i>Implementering av samvirkende ITS i EU</i>	35
3.2.3	<i>Pilotprosjekter i Norge</i>	36
3.2.4	<i>Hva skjer utenfor Europa</i>	37
3.3	Smart mobilitet er nødvendig for smarte byer	38
3.4	Forutsetninger for implementering av samvirkende ITS	39
3.4.1	<i>Juridiske avklaringer</i>	39
3.4.2	<i>Nødvendig infrastruktur</i>	41
3.4.3	<i>Involvering av nødvendige aktører</i>	41
3.5	Framtidsutsikter for samvirkende ITS.....	41
3.6	Drivere og barrierer for implementering av samvirkende ITS	42
3.7	Norske fortrinn ved utvikling av samvirkende ITS.....	43
4	STRATEGISKE IMPLIKASJONER OG PROBLEMSTILLINGER	44
4.1	Digitaliseringen vil ha stor påvirkning på transportsektoren.....	44
4.2	Etterspørsel etter veitrafikk og behovet for investeringer i veinettet.....	44
4.2.1	<i>Faktorer som kan bidra til redusert behov for ny veiinfrastruktur</i>	45
4.2.2	<i>Faktorer som kan bidra til økt behov for ny veiinfrastruktur</i>	45
4.3	Kritisk infrastruktur – i hovedsak et offentlig ansvar	46
4.4	Andre sentrale spørsmål som utløses av den teknologiske utviklingen	47
4.4.1	<i>Eierskap til data og ivaretagelse av datasikkerhet</i>	47
4.4.2	<i>Autonome kjøretøy og juridiske problemstillinger</i>	47
4.4.3	<i>Muligheter for norsk næringsliv</i>	48
4.5	Nasjonal transportplan 2022-33 – et frempek	49
	REFERANSELISTE	52

SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Digitalisering av transportsektoren har startet, og det er sannsynlig at transportsystemet og bruken av dette vil endres raskt fremover. Digitale plattformer og ny teknologi, som autonome styringssystemer, driver frem nye kjøretøykonsepter. Dette medfører endringer i kundeinteraksjon så vel som i mobilitetsbehovet innen vare- og persontransport.

Digitalisering gir muligheter for kostnadsbesparelser gjennom mer effektiv bruk av eksisterende infrastruktur og optimalisering av drift og vedlikehold av infrastrukturen. Det vil komme overordnede løsninger hvor optimal ruting av trafikken muliggjøres, både med tanke på rutevalg men også mobilitetsalternativ. Trafikksikkerheten er betydelig bedret de siste tiårene, men det er vanskelig å se for seg store ytterligere fremskritt uten teknologi som kan redusere menneskelige feil.

Politiske investeringsprioriteringer og utvikling av regelverk er avgjørende for implementeringshastigheten til disse nye smarte transportløsningene. I en globalisert verden med kjøretøy som lages og brukes internasjonalt er samhandling av lovverk stadig viktigere.

Denne rapporten tar for seg to viktige nye, smarte transportløsninger; Autonome transportmidler og samvirkende intelligente transportsystemer (ITS).

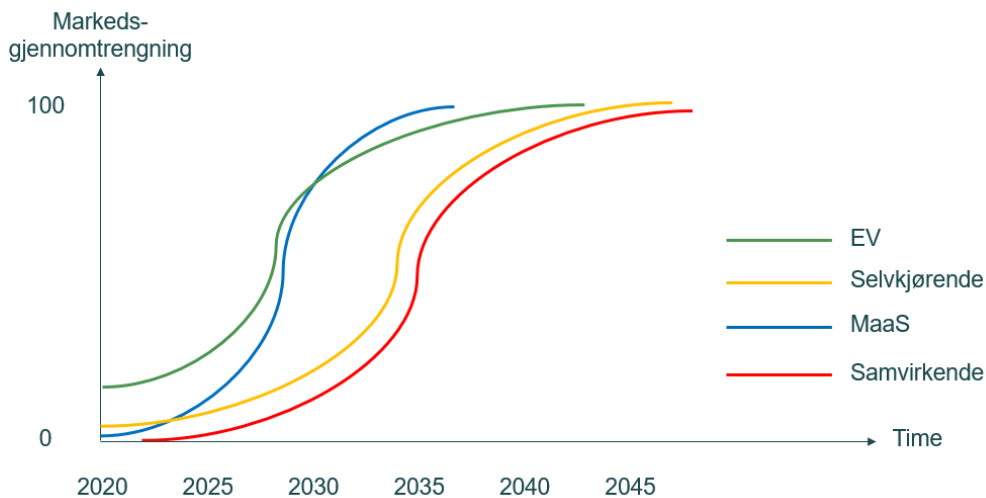
Automasjon i transportmidler innebærer både kjøretøy på vei, skinner, maritimt og i luften. Denne rapporten dekker utviklingen av autonom styring i alle transportsektorene med hovedvekt på utviklingen av autonome kjøretøy. For å måle graden av autonomi i kjøretøy brukes ofte såkalte *SAE-nivåer*, som går fra 0 til 5. På nivå 5 fungerer kjøretøyet helt uten sjåfør. I 2018 skal kjøretøy på SAE-nivå 3 lanseres. Det er satt i gang tester av kjøretøy på de to øverste nivåene. Flere leverandører tror at biler på nivå 4 kan lanseres i visse områder innen en femårsperiode dersom reguleringen og infrastrukturen kommer på plass. Det er dermed tilpasning av regelverk og infrastruktur som vil avgjøre hvor fort bruken av autonome kjøretøy på nivå 4 og 5 blir utbredt.

Samvirkende ITS innebærer at kjøretøy kommuniserer med hverandre og med infrastrukturen. Denne kommunikasjonen gir opphav til mange løsninger som vil kunne gi stor nytte for samfunnet, spesielt innen trafikksikkerhet. I dag er mange ITS-pilotprosjekter i startfasen, også i Norge. Implementering av samvirkende ITS krever ny infrastruktur, både fysisk og digital. Det overordnede ansvaret for krav til teknologi/kommunikasjonsstandarter, personvern, trafikkstyring og å tilrettelegge for at nødvendige data er tilgjengelig for optimalisering av transportsystemet må være offentlig. Det vil likevel ligge forretningsmuligheter for nye og eksisterende aktører for tjenester som benytter seg av dataene som genereres.

Implementeringen av både autonome kjøretøy og samvirkende ITS avhenger av nye juridiske avklaringer. Når det gjelder autonome kjøretøy må regelverket må tilpasses bruk av disse, i tillegg til at den digitale sikkerheten må adresseres, spesielt med tanke på hacking. For samvirkende ITS sin del er utvikling av nødvendige standarder, og harmonisering av disse internasjonalt, den viktigste potensielle barrieren for implementeringshastigheten.

Figuren under viser forventet implementeringshastighet for autonome kjøretøy, samvirkende ITS, elektriske kjøretøy og *Mobility as a Service*-tjenester. Samvirkende ITS er forventet å ha en tregere implementeringshastighet enn autonome kjøretøy, hovedsakelig på grunn av arbeidet med å utvikle standarder og internasjonal harmonisering. Det er sannsynlig at den teknologiske utviklingen vil ligge i forkant av nødvendige harmoniseringer og lovverk som dermed utgjør en barriere for å ta i bruk digitale løsninger.

Markedsgjennomtrengning for autonome kjøretøy, samvirkende ITS og andre smarte transportløsninger



Kilde: Hovland, 2017 (ITS Norge)

Digitaliseringen av transportsektoren vil generere mye data. Dette skjer allerede i dag og vil øke som følge av utrulling av de nye smarte transportløsningene. Dette skaper ytterligere utfordringer for personvernet og i dag er det fremdeles uenighet om eierskap av data. Nye reguleringer på europeisk nivå som styrker individets rettigheter er på vei. Individets rettigheter er også i sentrum i Datatilsynets strategi for personvern i samferdselssektoren. Datatilsynet argumenterer for at det ikke trenger å være en motsetning mellom nytten som ligger i å ta i bruk data og å ivareta personvernet.

Det er flere faktorer som samlet kan gi Norge et fortrinn innen smart transportteknologi med tilhørende forretningsmuligheter. Den norske befolkningen er god på å ta i bruk ny teknologi og innen autonome kjøretøy er Norge relativt tidlig ute med et lovforslag for utprøving av autonome kjøretøy. Flere testprosjekter står klare for å flytte fra begrensede testarenaer til offentlige veier når loven trer i kraft 1. januar 2018. Videre kan den høye elektrifiseringsraten i personbilparken potensielt gi synergier til testing av autonome kjøretøy og utvikling av nye løsninger og teknologier. Norge har også bedrifter i front, spesielt innen autonome maritime fartøy og nødvendig teknologi for samvirkende ITS som sensorer og bygningsinformasjonsmodeller (BIM).

Fordi ulike faktorer trekker i ulike retninger er det usikkert om behovet for veiutbygging vil øke eller reduseres i fremtiden. Innen persontransport kan trenden både gå mot økt bildeling med færre kjøretøy, men likevel flere reisekilometer. Uten bildeling vil antall kjøretøy kunne økes da flere kan kjøre uten sertifikat. Det er et potensial å få til en bedre optimalisering av varetransport gjennom smarte løsninger og bedre utnyttelse av kjøretøyparken, samtidig øker netthandel som kan bidra til økt transportbehov.

Digitalisering av transportsektoren vil føre til store endringer som gjør at dagens modeller for prioritering av infrastrukturinvesteringer muligens bør vurderes. Dette er faktorer som lavere investeringskostnader som følge av bruk av digitale verktøy, bedre utnyttelse av infrastruktur gjennom optimalisering av infrastrukturen og materiell. For å få til en slik utvikling bør deler av investeringene som i dag brukes på tradisjonell infrastruktur flyttes over til smarte IT-løsninger som bidrar til et effektivt fremtidig transportsystem.

1 FRAMTIDEN ER DIGITAL - OG DIGITALISERING ER MER ENN TEKNOLOGI

Teknologiutviklingen på samferdselsområdet har de siste årene gått meget hurtig. Nye løsninger og muligheter har blitt lansert i raskt tempo, og mange ulike prototyper og potensielle løsninger har blitt skissert. De mest åpenbare endringene knytter seg til elektrifisering av en rekke ulike typer kjøretøy og fartøy og til nye muligheter for automatisert styring.

Teknologien lever imidlertid ikke i et vakuum, eksempelvis stimulerer teknologiutviklingen nye forretningsmodeller. De nye forretningsmodellene skaper sine egne teknologiske løsninger og utnytter digitaliseringsmuligheter direkte, selv om "basisteknologien" kan være gammel. Eksempelvis er Nabobil og Uber innovative digitale virksomheter som har stor påvirkning på transportsektoren, uten at de egentlig har utviklet noen ny teknologi av betydning.

Innledningsvis i rapporten presenterer vi et rammeverk for diskusjonen om hvordan digitaliseringen påvirker transportsektoren. Vi har lagt til grunn et bredt perspektiv på hva transportsektoren er som i prinsippet inkluderer hele bredden av temaer som vil kunne påvirke den neste nasjonale transportplan.

Begrepet digitalisering er upresist og tolkes ulikt i forskjellige sammenhenger. Vi legger til grunn en utvidet tolkning, der digitalisering forstås som en utviklingstrend der avanserte algoritmer og raske prosessorer utnytter store datamengder til styring eller automatisering (ofte i sanntid), som kan gi grunnlag for nye måter å løse oppgaver på.

1.1 Rammeverk for digitalisering av transportsektoren

Digitaliseringen påvirker transportsektoren direkte og indirekte på flere måter:

1. Behovet for mobilitet endres både for vare- og persontransport
2. Nye kjøretøykonsepter oppstår
3. Forretningsmodeller endres og mobilitet tilbys på nye måter, f.eks. som en tjeneste
4. Digitale plattformer endrer kundedialogen
5. Planlegging og utbygging av infrastruktur kan effektiviseres
6. Drift og vedlikehold av infrastruktur kan optimaliseres
7. Nye behov og muligheter for styring og utnyttelse av transportsystemet oppstår
8. Prioriteringer, politikk og regelverk vil påvirkes av de nye mulighetene

I innledningskapitlet vil vi gi en kort omtale av alle de åtte temaene. Deretter konsentrerer rapporten seg om to av temaene: Autonome kjøretøy (tema 2) og intelligent styring og optimal utnyttelse av transportsystemet (ITS) (tema 7).

1.2 Endrede mobilitetsbehov

På samme måte som digitaliseringen påvirker hvordan man kan flytte personer eller varer fra A til B, vil digitaliseringen påvirke behovet for mobilitet.

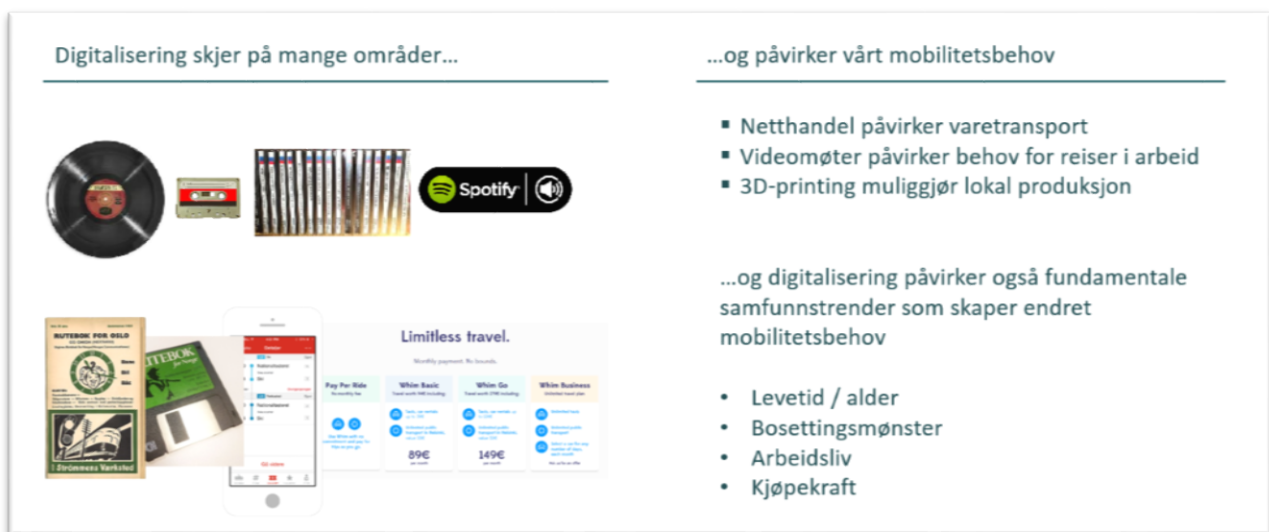
Mye av transportbehovet knytter seg til varehandelen. Digitalisering har stor påvirkning, der netthandel og hjemlevering har hatt enorm vekst de senere år. I skrivende stund er Amazon rangert som verdens sjette mest verdifulle selskap, og verdimessig har Amazon økt mer enn de andre selskapene på topp 10 listen til Forbes. De tre øverste på listen er alle teknologiselskaper; Apple, Google og Microsoft.

Dette er ikke på grunn av oppnådd profitt, men fordi varehandelen er i startgroppen på en omfattende endringsprosess hvor Amazon er godt posisjonert. I 2016 stod varehandel på nett for 11,7 prosent av all varehandel i USA. Amazon alene omsatte for 147 milliarder dollar, og stod for 65 prosent av den totale økningen av netthandel i USA (Gesenhues, 2017). Den samme trenden ses også i Norge. Omsetning i netthandel økte med 14 prosent første halvår 2017 sammenlignet med samme periode i 2016 (SSB).

Varetransporten skjer i dag ved at store internasjonale varestrømmer fraktes fram til nasjonale/internasjonale varelagre og videre derfra til mindre lagre nærmere kundene eller direkte

til butikk - hvor kundene selv kjøper og henter varene. I Norges tilfelle befinner lagrene seg typisk utenfor Oslo (Vestby, Drammen eller Alnabru-området) eller ved Gøteborg, med rask over-natten-distribusjon til butikk. Dette mønsteret definerer transportstrømmene, hva som egner seg for godstog, vogntog, lastebil og varebil og hvordan infrastrukturen utnyttes. Framveksten av nettbutikker, især hvis store, internasjonale aktører som Amazon eller Alibaba står for store markedsandeler, endrer trolig mønsteret (del Rey, 2015). Det blir mulig å kutte butikkledet og det blir lite rasjonelt å transportere alle enkeltleveransene ut fra de store grossistlagrene. Nye lagertyper og sorteringssentraler nærmere kundene kan bli løsningen i kombinasjon med andre typer kjøretøy (mindre enn i dag) for distribusjon til sluttkunden. Selv om det ikke er lett å overskue hvordan dette vil endre transporten er det åpenbart at vareflyten, og dermed varetransporten, vil bli helt annerledes enn i dag. Om dette i sum fører til økt eller redusert bruk av vei byene, er ikke lett å forutsi. Et viktig element vil være verdien av tid og betydningen av raske leveranser - ettersom krav om høyt tempo vil redusere mulighetene for "samlasting" i sluttledet mot kundene.

Figur 1: Digitaliseringen påvirker behovet for mobilitet.



Tilsvarende vil digitaliseringen påvirke fundamentale samfunnstrender som har stor betydning for mobilitetsbehovet. Et eksempel er hvordan nye teknologiske løsninger vil påvirke bosettingsmønsteret, dvs. både hvor folk velger å bosette seg, og hvordan en aldrende befolkning får nye muligheter til å bli boende hjemme lenger. Selv om det er sterke trender som peker i retning av fortsatt urbanisering, kan nye teknologiske løsninger åpne for andre valg fordi det blir lettere å pendle eller lettere å jobbe andre steder enn på et kontor i bysentrum. Et annet eksempel knytter seg til effekten av massiv robotisering, der noen frykter at store deler av befolkningen vil bli stående utenfor arbeidslivet. Forhåpentlig slår ikke dette til, men skulle det skje vil det påvirke transportbehovet når utgangspunktet er at en stor andel reiser knytter seg til folks arbeid.

Et viktig tema er hvordan befolkningen vil verdsette sin egen tid i framtiden. Det vil påvirke reisevalg og handlevaner og den samfunnsøkonomiske verdien av de infrastrukturinvesteringer som primært har som formål å redusere reisetiden. Mye tyder på at nye digitale løsninger er i ferd med å endre tidsbruken i stor grad. Når alle er online overalt og de sosiale mediene er like viktige som de fysiske møtene, er ikke reisetiden like "bortkastet" som den gang man måtte komme fram til destinasjonen før man kunne gjøre noe nyttig eller underholdende.

Hensikten med disse eksemplene er ikke å spå om framtiden, men å påpeke at digitaliseringen ikke skjer isolert innen transportsektoren. Lykkes man med å finne opp revolusjonerende løsninger på transportområdet, må man også forvente nyskapende løsninger på andre områder som vil påvirke transportbehovet.

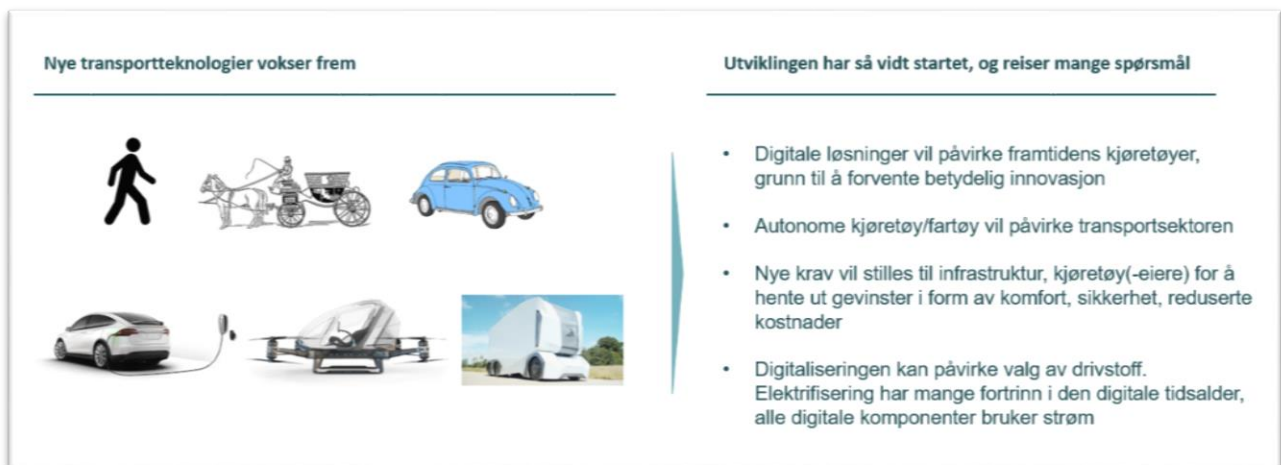
1.3 Digitalisering av kjøretøy

Moderne kjøretøy er utstyrt med mange sensorer og et verkstedbesøk innebærer at data om bilens bruk og tilstand blir utnyttet. Mange biler er kontinuerlig online slik at data kan samles inn løpende og software kan oppgraderes ved behov. En effekt av økt digitalisering er at vedlikeholdet kan bli mer intelligent og gi bedre pålitelighet og regularitet i transportsystemene. Selskaper som Siemens (tog og t-bane) og Rolls Royce (flymotorer og skipsløsninger) beskriver store muligheter innen bruk av intelligente stordata-analyser som kan gi både økt kvalitet og reduserte kostnader (Marr, 2015).

En rekke systemer for førerassistanse er utviklet opp gjennom årene, mange av dem basert på digital teknologi. Eksempler på dette er ABS-bremser, automatgir og GPS-kart. Sistnevnte har hatt stor betydning i transportsektoren, eksempelvis er terskelen for å starte som bud- eller drosjesjåfør nesten borte sammenlignet med tidligere.

Selvkjørende og autonome biler finnes allerede, og mange spår rask utvikling. Kanskje er de fleste nye biler selvkjørende (i større eller mindre grad) om få år. Det vil i så fall kunne endre på mange fundamentale premisser for kjøretøydesign, der den rådende logikk har vært å redusere bemanningskostnaden per nyttelast-enhet (derav lange vogntog, lange busser osv.).

Figur 2: Kjøretøyene digitaliseres, og nye kjøretøykonsepter vil trolig vokse fram



Det er ingen selvfølge at framtidens kjøretøy vil se ut omtrent som dagens kjøretøy. Kanskje oppstår det helt nye konsepter som henter inspirasjon fra andre sektorer? Kanskje er det Husqvarnas selvkjørende trehjuls gressklipper, droneteknologien eller teknologi fra spillutviklere med VR-briller osv. som gir inspirasjonen til de kjøretøy vi vil omgi oss med om noen tiår.

Utviklingen knyttet til digitaliseringen som gir autonome kjøretøy omtales grundigere i kapittel 3.

1.4 Nye forretningsmodeller

Digitale verktøy gir grunnlag for nye forretningsmodeller innen transportområdet. Uber utnytter digital teknologi i sin taxilignende tjeneste og kombinerer elementer fra andre populære digitale tjenester. Tilsvarende kan man si at Kolonial.no eller Amazon baserer sin forretningsmodell på digitale løsninger. Historien til Norwegian viser også hvordan selskapets vekst er tett knyttet til utviklingen av internett som salgskanal.

I tillegg til at transportvirksomhetene utnytter digitale verktøy som sentrale elementer i sin virksomhet, er det slik at teknologiutviklingen muliggjør nye forretningsmodeller i seg selv. Elektriske biler utstyrt med moderne sensorer legger til rette for bildeling på en annen måte enn tidligere, dels fordi forholdet mellom faste og variable kostnader endres ved høy utnyttelse av bilene, dels fordi bilene krever mindre vedlikehold, dels fordi det er lettere å ha oversikt over hvor de befinner seg. Med autonome kjøretøy er det også en rimelig hypotese at betydningen av å eie selv blir redusert.

fordi fokus gradvis vil dreies mot mobilitetens funksjon heller enn formen på mobiliteten. Alt dette tilsier at bildeling blir mer aktuelt framover, noe som muliggjør helt andre forretningsmodeller for aktørene i transportsektoren.

Skillet mellom privatbilisme og kollektivtrafikk vil trolig bli mindre. En "privatbil" som ikke er privat, kan like godt eies av et kollektivselskap som av et kommersielt selskap. Uansett vil eieren av det kollektive godet bli oppfattet som en "kollektiveier" som tar del i delingsøkonomi løsningen.

Nye forretningsmodeller trenger ikke bare fokusere på grensesnittet mot sluttbrukeren. Trolig vil det også vokse fram nye løsninger bakover i verdikjeden. En utvikling er at teknologileverandører ønsker å tilby tjenester med høy tilgjengelighet, heller enn å selge produkter, noe som impliserer at teknologileverandørene selv tar ansvaret for vedlikehold. Det uttrykkes som ambisjon av enkelte av leverandørene av tog og t-banemateriell, dels begrunnet med at de samler inn store datamengder om sine kjøretøy og derfor har et fortrinn i drift og vedlikehold av materiellet og for nyutvikling. Det gir i sin tur grobunn for andre typer finansiering og eierskap og nye forretningsmodeller innen disse områdene.

Figur 3: Digitaliseringen gir opphav til nye forretningsmodeller



Et særlig viktig tema blir eierskap, åpenhet og personvern av data fra som genereres fra transportarbeidet. Hvem skal eie dataene fra en bilreise? Er det bilisten (eller passasjerer), bilprodusenten, bileieren eller veimyndighetene? Veimyndighetene bør sikres tilgang til data som kan bidra til optimalt vedlikehold og best mulig utnyttelse av infrastrukturen, bilprodusentene bør få tilgang til info som sikrer best mulig vedlikehold av, og høyt sikkerhetsnivå i, kjøretøyene, osv. På dette området trengs det gode reguleringer som sikrer tilgang til informasjon som muliggjør tjenester som er i alles interesse, i kombinasjon med personvern. Erfaringer fra andre sektorer, er at denne type data har stor verdi i seg selv og at dataeierne er vinnerne i den digitale økonomien.

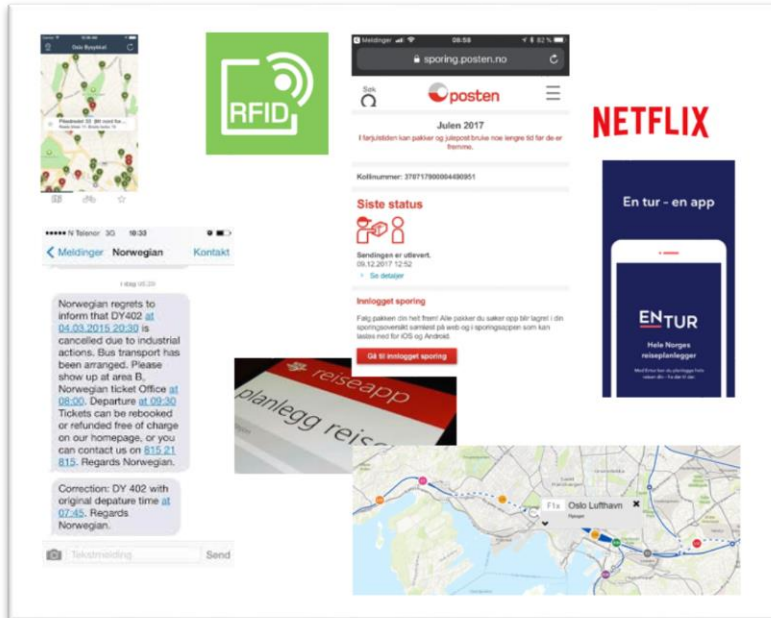
1.5 Digitale plattformer endrer kundedialogen

Nye digitale kanaler legger til rette for en helt annen kontakt mellom tjenestetilbydere og publikum enn det som var vanlig for kort tid siden. Vareeiere vil vite hvor varene er, selv under transport. Tilgang på internett overalt og spesialiserte apper for de fleste formål illustrerer dette.

I tillegg gir digitale verktøy helt nye muligheter for veiledning og støtte til transportbrukere. Kollektivreisende kan få sanntids informasjon om optimale reiseruter og bilister får oppdatert kartinfo om mulige veivalg som utnytter sanntidskunnskap om vær og føre, pågående vedlikeholdsarbeid og kødannelse. I sum tilsier dette at digitale verktøy endrer kundedadferd, med økt fokus på smart bevegelse fra A til B.

Brukerne utnytter digitale verktøy underveis på reisen, også til helt andre formål, eksempelvis utførelse av eget arbeid eller underholdning. God tilgang på høyhastighetskommunikasjon under hele reisen er derfor en klar forventning fra reisende.

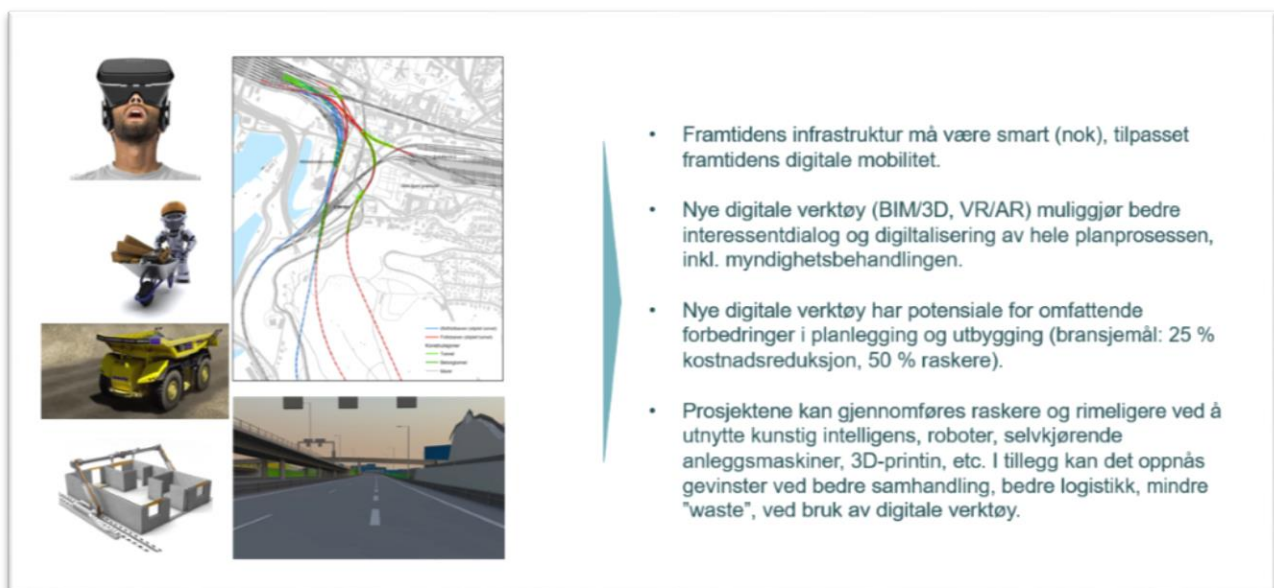
Figur 4: Dialogen med kundene påvirkes av nye digitale muligheter



1.6 Endret planlegging og utbygging av infrastruktur

Bygg- og anleggsbransjen har ambisjoner om at digitalisering skal gi store gevinster innen planlegging og utbygging. Det nevnes ofte målsetninger om 50 prosent reduksjon av gjennomføringstiden og 25 prosent reduksjon av kostnadene. Skulle man lykkes med kostnadsbesparelser i nærheten av dette nivået er de samfunnsmessige gevinstene enorme, gitt investeringsplaner på 1000 milliarder kroner kommende 12-årsperiode i Nasjonal Transportplan (NTP).

Figur 5: Digitale verktøy muliggjør store gevinster innen planlegging og utbygging



- Framtidens infrastruktur må være smart (nok), tilpasset framtidens digitale mobilitet.
- Nye digitale verktøy (BIM/3D, VR/AR) muliggjør bedre interessentdialog og digitalisering av hele planprosessen, inkl. myndighetsbehandlingen.
- Nye digitale verktøy har potensiale for omfattende forbedringer i planlegging og utbygging (bransjemål: 25 % kostnadsreduksjon, 50 % raskere).
- Prosjektene kan gjennomføres raskere og rimeligere ved å utnytte kunstig intelligens, roboter, selvkjørende anleggsmaskiner, 3D-printin, etc. I tillegg kan det oppnås gevinster ved bedre samhandling, bedre logistikk, mindre "waste", ved bruk av digitale verktøy.

Gevinster kan oppnås i alle ledd av planleggings- og utbyggingsprosessen. Mye knytter seg til smart planlegging i 3D og å knytte logisk informasjon til de ulike objektene i BIM-modellen (Building Information Model). Da kan modellen danne basis for selve utbyggingen, prosjektoppfølgningen, kvalitetssikringen og det etterfølgende drift og vedlikehold. Gevinstene oppstår fordi arbeidet kun utføres én gang, og riktig første gang, og fordi det blir mindre "sløsing" med tid og materiell. Gjenbruk av modellelementer fra prosjekt til prosjekt kan også spare tid og vil dessuten tilrettelegge for økt bruk av prefabrikkerte bygningselementer.

Automatisering, robotisering og fjernstyring av arbeidsoperasjoner er en annen mulighet som trolig vil påvirke norske byggeplasser i stadig større grad i årene som kommer. Selvkjørende lastebiler for massetransport har allerede blitt utviklet, og ulike varianter av storskala 3D-printere testes ut. Digitaliserte teknologiske løsninger kan forventes å dukke opp på byggeplassene i årene framover.

1.7 Endret drift og vedlikehold av infrastruktur

Nye typer sensordata og økt sanntidsinformasjon om infrastrukturen kan utnyttes til mer optimalisert drift og vedlikehold. Det gjelder både for å iverksette tiltak på riktig tidspunkt og hvordan tiltak utføres. Et eksempel kan være snømåking, der sensorer forteller hvor og når måking trengs, og der selvkjørende brøytebiler kan stå for brøytingen.

Sensorer kan også brukes til å varsle om farlige forhold, for eksempel glatte veipartier, risiko for ras fra sideterreng eller ustabile grunnforhold. Varsling til førere slik at de får mulighet til å tilpasse sin hastighet eller velge alternative ruter, er en mulighet.

Figur 6: Digitale løsninger vil muliggjøre endret vedlikehold, og vil kreve nye typer vedlikehold



Over tid vil infrastrukturen bli gradvis mer avansert og inneholde en økende andel digitale komponenter. For alle transportartene blir det derfor viktig å sikre at teknologien fungerer. Styringssystemer, radaranlegg og sensorer må fungere for at framtidens transportsystem skal være velfungerende. Dette vil kreve økt vedlikeholdsinnsats og rask respons ved feil, for å unngå "signalfeil" som lammer eller begrenser transportsystemet. For å illustrere poenget: Dersom fartsgrensen på motorveien bestemmes av faktisk friksjon i veibanen, vil en feil på "friksjonssensoren" normalt sett føre til kraftig nedsatt hastighetsgrense, økte køer og misfornøyde trafikanter.

1.8 Smart styring av trafikksystemet

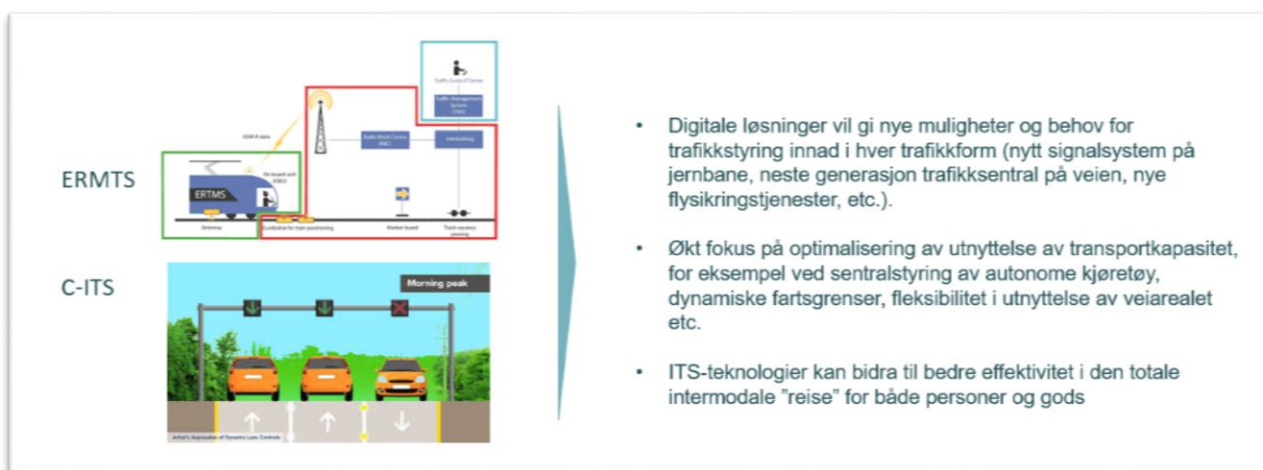
Trafikksystemet består dels av ulike transportformer (vei, bane, sjø, luft) med sin egen infrastruktur og dels av mange kjøretøy/fartøy som skal samvirke med infrastrukturen og med hverandre. Et smart

trafikksystem sørger for best mulig utnyttelse av den totale kapasiteten for å tilfredsstille behovet for person- og varetransport så godt som mulig.

Et intermodalt perspektiv innebærer at transportbehovet blir løst mest mulig sømløst og rasjonelt uten en preferanse for transportform slik at de ulike transportformenes fortrinn utnyttes best mulig. Ulik vektning av kostnader, verdi av tidsgevinster, fokus på klimaeffekter osv., vil kunne gi ulike svar på hva som er rasjonelt, men den grunnleggende tanken er likevel den samme: Utnytte de ulike transportformenes fortrinn. Digitale løsninger vil tilrettelegge for intermodalitet på nye måter, både direkte ved å gi nye verktøy for optimalisering og kundeinformasjon og indirekte ved å påvirke eierskap til kjøretøy og dermed åpne for et mer intermodalt tankesett hos brukerne.

Digitalisering vil også åpne for nye styringsmuligheter innen en gitt transportform. Nytt signalanlegg (ERTMS) på jernbanen legger til rette for økt kapasitet ved at togene kan kjøre med kortere sikkerhetsavstander enn i dag. Intelligente transportsystemer (ITS) vil gi bedre styring av veitrafikken slik at infrastrukturen utnyttes bedre. Eksempelvis kan kapasiteten i veinettet optimaliseres ved å gi intelligente signaler til brukerne, enten det dreier seg om oppdatert kartinformasjon, rushtidsavgifter, automatiske fartsgrenser eller lignende.

Figur 7: Digitale løsninger åpner nye muligheter for smart utnyttelse av trafikksystemet



Utviklingen knyttet til digitaliseringen av trafikkestyring og optimal utnyttelse av infrastrukturen omtales grundigere i et senere kapittel.

1.9 Endrede politiske prioriteringer

Politikken påvirkes av teknologiutviklingen på flere måter: Nye løsninger blir mulige, det fører til endringer i prioriteringer og gamle sannheter blir utfordret. Og ofte vil nye løsninger kreve endring i lover og reguleringer for å ivareta samfunnsmessige hensyn.

Som vi har illustrert ovenfor, vil digitaliseringen påvirke transportbehov, transportløsninger, forretningsmodeller og styringssystemer. Det er god grunn til å tro at dette vil påvirke politikkenes prioriteringer. Et mulig scenario er at kjøretøyene, som blir autonome og elektriske, eies av profesjonelle bildelingsselskaper. I en slik framtid vil brukerne av mobilitetstjenester være mindre knyttet til kjøretøyteknologi enn i dag og mer opptatt av kvaliteten og hastigheten på reisen fra A til B, og naturlig utvikle et intermodalt perspektiv når reisen planlegges. I et slikt scenario vil også politikken utvikle seg i intermodal retning. Diskusjonene om Nasjonal Transportplan (NTP) vil handle om hva som er rasjonelle løsninger for å løse nasjonens transportbehov der ulike transportformers fortrinn utnyttes - og der beste løsning velges fremfor å satse på "alle" alternativer.

En annen hypotese er at den digitale økonomien setter økt fokus på optimal utnyttelse av eksisterende kapitalvarer, inklusive bedre utnyttelse av infrastruktur og kjøretøy. I tillegg gir nye

digitale verktøy nye muligheter for optimalisering av utnyttelsen. I sum kan dette føre til at det politiske perspektiv dreies mot bedre utnyttelse av transportsystemet og som konsekvens redusere kostbare nyinvesteringer. Det er ikke usannsynlig at andelen av NTP-rammen som er avsatt til intelligente styringssystemer (ITS) vil øke betydelig fra dagens (lave) nivå.

Digitale løsninger krever endringer i lover og reguleringer. På noen områder har Norge vært raske til å åpne for nye løsninger, eksempelvis ved lovforslaget som åpner for testkjøring av autonome kjøretøy i veitrafikken. På andre områder har reguleringene bremset utviklingen, f.eks. ved å hindre den taxilignende tjenesten Uber. Sammenlignet med Finland har Norske myndigheter heller ikke vært like foroverlent i å etablere lovverk og strukturer for deling av transportdata på tvers av transportselskap og -typer. Skal gevinstpotensialet i den digitale økonomien tas ut, må reguleringene endres og åpne opp for nye forretningsmodeller. Dette kan ta tid, og mange motkrefter kan komme til syne i tiden framover. Det er likevel grunn til å tro at det blir en prioritert politisk oppgave å sikre hensiktsmessige reguleringer som ivaretar en best mulig balanse mellom å tillate nyskaping og å ta vare på det beste av det bestående.

Figur 8: Digitaliseringen vil påvirke det politiske handlingsrom og kreve nye regler



Et viktig poeng for Norge framover er behovet for å skape nye næringer og arbeidsplasser som kan lykkes i eksportmarkedet (THEMA, 2017). Noe av det viktigste i dette er et krevende hjemmemarked som bidrar til utvikling av nye løsninger og en målrettet innovasjons- og kunnskapspolitik som støtter en slik utvikling. Dette kan (og kanskje bør) påvirke de politiske prioriteringene innen samferdselsområdet. Eksempelvis framstår det som et paradoks at det er så stor oppmerksomhet om å gjøre veistrekninger ferjefrie når teknologiutviklingen gjør at ferjer kan bli billigere og bedre og mer miljøvennlige i framtiden - og skipsindustrien er den transportrelaterte næringen som trolig har størst sjanse til å skape varig eksportrettede arbeidsplasser i Norge basert på innovative autonome, elektrifiserte ferjer. Kanskje vil det i den digitale tidsalder være mer relevant å ha ambisjon om at E39 blir verdens første veistrekning som bare har elektrifiserte, autonome ferjer i døgntkontinuerlig drift med hyppige avganger - heller enn at strekningen skal bli ferjefri, til en astronomisk kostnad?

2 AUTONOME TRANSPORTMIDLER

Teknologiutviklingen for autonome transportmidler har kommet langt. Det første kommersielle, autonome kjøretøyet på SAE-nivå 3, hvor bilene kan kjøre autonomt i visse situasjoner, lanseres i 2018. SAE-nivå 5 er det høyeste nivået på den internasjonale standarden for autonom kjøring. En rekke aktører har testprosjekter med biler på SAE-nivå 4 og 5, hvor bilene er fullt ut selvkjørende. Både tradisjonelle billeverandører og nye utfordrere sikter på å lansere biler på SAE-nivå 4 innen en femårsperiode. Utrullingen av biler på nivå 4 og 5 vil imidlertid avhenge av at regelverk tilpasses bruk av autonome kjøretøy, og bero på en omfattende utredning av en rekke hensyn relatert til sikkerhet, personvern og juridisk ansvar. Storskala bruk av autonome passasjer- og fraktskip og førerløse passasjerfly ligger trolig lenger frem i tid enn autonome kjøretøy. Derimot er førerløse T-baner allerede i kommersiell bruk på fire kontinenter.

En rekke land er nå i ferd med å introdusere lovverk som støtter utprøving eller testing av autonome kjøretøy. Denne trenden drives av forventningen om at autonome kjøretøy kan endre transportsystemet og samfunnet radikalt ved å forbedre trafikksikkerhet, mobilitet og produktivitet og samtidig redusere trafikkø og kostnader. Estimer viser at menneskelig svikt står for 75 prosent av skipsulykker og 94 prosent av trafikkulykkene i dag (Dragland, 2014; McDermott 2017).

2.1 Innledning

Autonome systemer kommer trolig til å transformere transportsystemet radikalt. Selv om GM jobbet med konseptet selvkjørende biler allerede på 1960-tallet, er det først i de siste årene at den nødvendige teknologien har blitt utviklet. Førerløse transportmidler har imidlertid blitt brukt til kommersiell drift allerede siden 1983, da verdens første førerløse T-bane ble operasjonell i Frankrike. Siden da har førerløse T-baner blitt satt i drift i Europa, Asia, Nord-Amerika og Sør-Amerika, og de fleste nye T-baner som bygges i dag er på øverste eller nest øverste nivå av autonomi for skinnegående transport. Kommersielle biler er nå i en overgangsfase fra SAE-nivå 2 av autonom kjøring til nivå 3 hvor bilene kan kjøre autonomt i visse situasjoner. Samtidig har en rekke aktører testprosjekter med fullt ut autonome kjøretøy.

Innenfor maritim transport skal Kongsberg utvikle verdens første autonome containerskip, «Yara Birkeland», og bruken av autonome fartøy til militære formål allerede er utbredt. Til tross for at bruken av ubemannede fly og droner er vanlig til militære formål, er pilotløse fly i en tidligfase for sivile og kommersielle formål. I Norge har vi kommet langt med fjernstyrte flytårn som innebærer at regionale flyplasser kan opereres fra sentrale flyvelederstasjoner.

2.2 Status på teknologiutvikling

2.2.1 Landbaserte autonome kjøretøy

Nødvendig teknologi for landbaserte autonome kjøretøy

En førerløsbil som skal kjøre uten noen form for eksterne styringssignaler må ha ulike sensorer som kan danne et bilde av omgivelsene rundt bilen og et system som kan tolke dataene og styre funksjoner som gass, brems og styring.

Per i dag bruker alle bilprodusenter som utvikler kjøretøy med høy grad av autonomi lidar i tillegg til kamera og radar for å danne et oversiktsbilde av omgivelsene (se faktaboks om teknologiforklaring under). Enkelte mener imidlertid at et kamera kan være tilstrekkelig på sikt ved utvikling av maskinlæring.

Om teknologien:

Lidar (light detection and ranging) måler avstanden til fysiske objekter ved å sende ut lys og måle refleksjonene. Disse observasjonene brukes til å danne et 3D-kart som systemet bruker for å kunne navigere i området. På dagens prototyper er gjerne en roterende lidar plassert på taket til den selvkjørende bilen. Billigere versjoner uten rotasjonsmuligheter, som kan plasseres rundt i bilen, er imidlertid under utvikling og vil trolig erstatte roterende lidar på sikt. En radar har samme funksjon som en lidar, men sender ut radiobølger i stedet for lys for å måle avstanden til objekter. Waymo, Tesla og andre aktører benytter i tillegg ultralydsensorer til å måle avstand til objekter som er svært nærme bilen som fortauskanter og andre kjøretøy. Enkelte mener imidlertid at et kamera kan være tilstrekkelig på sikt ved utvikling av maskinlæring.

Dagens digitale kart og GPS er ikke tilstrekkelige for navigering av selvkjørende biler fordi kartleggingen ikke er nøyaktig nok. Eksempelvis er Ubers selvkjørende biler avhengig av at testområdet i Pittsburgh i USA har blitt kartlagt svært detaljert i forkant. Waymos prototyper bruker svært detaljerte tredimensjonale kart over veiene i testområdet som Google har utviklet. Disse kartene viser for eksempel høyden på fortauskanter, lokasjonen og dimensjonene til trafikklysene, samt andre data som hjelper prototypene å bestemme sin eksakte lokasjon og lokalisere objekter som ikke er på kartet. Siden GPS til sivil bruk ikke kan ta i bruk ionosfærisk korreksjon må GPS-signalet måles mot andre sensorer. Videre har selvkjørende biler behov for avansert programvare som sammenfatter opplysningene fra sensorene og danner et bilde av omgivelsene. Denne informasjonen legger grunnlaget for at kjøretøyet kan ta beslutninger under et gitt sett med forhåndsprogrammerte regler. For at selvkjørende kjøretøy etter hvert skal kunne erstatte menneskelige førere må også programvaren ta høyde for uskrevne trafikkregler og kunne gjenkjenne situasjoner hvor det er greit å bryte trafikkreglene. Eksempelvis kan det være behov for å passere en hindring i veien til tross for at det er en heltrukken sperrelinje.

Fem nivåer for autonom kjøring

SAE (2016) har utviklet en standard som definerer fem nivåer av automasjon i kjøretøy som beskrevet i tabellen under. I praksis har dagens kommersielle kjøretøy ikke beveget seg over nivå 2. På dette nivået må menneskelige førere fortsatt overvåke omgivelsene, selv om de får støtte av systemene. Teknologi som er utbredt i dag inkluderer for eksempel parkeringsassistanse, automatisk bremsing og kjørefeltassistanse. Audi A8, som etter planen lanseres i 2018, blir den første kommersielle bilen med nivå 3 av autonomi, dvs. at føreren ikke lenger må overvåke omgivelsene (Audi, 2017). Flere aktører har pågående testprosjekter på SAE-nivå 4 og 5. Det er imidlertid behov for mer teknologiutvikling og testing før kjøretøy med så avanserte nivåer av automasjon blir kommersialisert. I tillegg må nasjonale reguleringer tilpasses kommersiell bruk av førerløse biler.

For kjøretøy på SAE-nivå 3 og høyere vil det selvkjørende systemet overvåke omgivelsene. På nivå 3 kan føreren i visse situasjoner, som på motorvei, fokusere på andre aktiviteter som for eksempel lesing og skyping. Oversikten over omgivelsene er da i stor grad overlatt til bilen. Føreren må likevel være klar til å ta over styringen ved behov. På nivå 4 skal føreren kunne fokusere på andre aktiviteter, og til og med sove, i tilnærmet alle situasjoner, gitt at kjøretøyet opererer i et kartlagt område. Eksempelvis kan systemet stanse bilen. Kjøretøy på nivå 4 kan imidlertid ha behov for menneskelige instruksjoner eller inngripen i områder der kartet ikke er tilstrekkelig detaljert og i ekstremvær som ødelegger for sikten. Kjøretøy på nivå 5 kan i praksis designes uten ratt og pedaler ettersom systemet tar seg av alle oppgaver i alle situasjoner.

Tabell 1: Fem nivåer for autonom kjøring definert av SAE (2016)

Nivå	Eksempler	Beskrivelse
Nivå 0-2: Menneskelig fører overvåker omgivelsene		
Nivå 0: Ingen automasjon	Kjørefeltvarsler	Føreren må ha all oversikt og utføre alle nødvendige tiltak
Nivå 1: Førerassistanse	Adaptiv cruisekontroll og lignende funksjoner	Føreren overvåker miljøet, mens systemet enten støtter styring eller akselerasjon og bremsing.
Nivå 2: Delvis automatisering	Parkeringsassistanse	Et eller flere systemer for både styring og akselerasjon/bremsing bruker informasjon fra omgivelsene til å støtte føreren. Føreren har fremdeles ansvar for å overvåke omgivelsene og må overta kontrollen dersom systemet ikke kan utføre oppgavene.
Nivå 3-5: Selvkjørende system overvåker omgivelsene		
Nivå 3: Automasjon under visse omstendigheter	Motorveisjåfør	Systemet overvåker omgivelsene, tar beslutninger som når bilen skal foreta en forbikjøring, sette på blinklys og lignende, og kan brukes i alle situasjoner. Biler på nivå tre kan utføre kjøringen på egenhånd, selv om det forventes at føreren skal kunne overta kontrollen dersom systemet forespør det.
Nivå 4: Høy grad av automasjon	Autonom parkering	Systemet tar ansvar for alle aspekter ved kjøringen som på nivå tre og kan i tillegg utføre tiltak på egenhånd dersom føreren ikke reagerer.
Nivå 5: Full automasjon	Robottaxi hvor det ikke er behov for noen fører	Systemet tar seg av alle oppgaver, overvåker omgivelsene og fungerer i alle situasjoner. Systemet kan utføre alle oppgaver som en menneskelig fører normalt vil gjøre. Nivå 5-biler kan i praksis designes uten ratt og pedaler.

Land med testarenaer og pilotprosjekter for landbaserte autonome kjøretøy

I Europa er testprosjektene for selvkjørende kjøretøy hovedsakelig fokusert på løsninger for offentlig transport. Testprosjektene i land hvor kjøre-distansene er større, f.eks. i USA, involverer oftere privatbiler. EU har opprettet et nytt «Horizon 2020»-prosjekt, for stor-skala testing av autonome kjøretøy på nivå tre i ulike vær- og føreforhold på tvers av landegrensene. I tillegg vil noen nivå 4 funksjoner testes. Prosjektet skal involvere 100 kjøretøy og 1000 testsjåfører i 12 europeiske land, deriblant Norge (L3Pilot, n.d.). Utover L3Pilot-prosjektet, som startet opp i september 2017, finnes det en rekke testprosjekter i Europa, som vist i tabellen under. Eksempelvis har Finland annonsert planer om å etablere verdens første 5G-testarena for autonome kjøretøy. OuluZone, som etter planen åpner i 2018, vil være åpen for både finske og utenlandske aktører. Dermed er Finland i ferd med å posisjonere seg som en aktør for testing av autonom kjøring i arktiske forhold.

I tillegg til Europa, har USA og flere asiatiske land en rekke prosjekter for selvkjørende kjøretøy. I California alene har nær 40 selskaper fått tillatelse til å teste selvkjørende personbiler på veiene. I India har HITECH Robotic Systemz utviklet et selvkjørende kjøretøy for skytteltrafikk på universitetscampus. Audi tester teknologi for selvkjørende biler i Shanghai, i tillegg til i Tyskland og USA. I Japan tester Nissan en selvkjørende, elektrisk Leaf på motorveiene utenfor Tokyo. Korea har også et forskningsinstitutt for autonom skytteltrafikk i utendørsomgivelser.

Tabell 2: Eksempler på testprosjekter for autonome kjøretøy i Europa

Land	Prosjektbeskrivelse
Sveits	- CityMobil2 har et bybussprosjekt i Sion - Swisscom tester autonome kjøretøy i bytrafikk i Zurich
Hellas	CityMobil2 har et prosjekt for selvkjørende busser i Trikala
Frankrike	CityMobil2 har et prosjekt i Toulouse
Sverige	Volvo har testet 100 selvkjørende biler i normale kjøreforhold
Spania	Volvo har et pågående testprosjekt sammen med flere aktører hvor selvkjørende biler følger en bil med en menneskelig fører
Tyskland	Universitet i Berlin tester selvkjørende biler på offentlige veier og en taxitjeneste med selvkjørende biler gjennom prosjektet MadeinGermany
Finland	- CityMobil2 tester førerløse busser - Testarenaen Aurora er et økosystem bestående av både lukkede og åpne veier for autonom kjøring
Storbritannia	- Transport Research Laboratory (TRL) gjennomførte sitt først testprosjekt med selvkjørende skytteltrafikk i Greenwich i 2017 - NavyaTechnology tester førerløse skyttelbusser - Venturer Trials fokuserer på hvilke psykologiske og sosiologiske implikasjoner autonome kjøretøy vil ha
Norge	- Ruter skal teste 10 til 20 selvkjørende busser i 2018 - Kolumbus har et prosjekt for førerløse busser som skal testes på kommunal vei med begrenset trafikk før de skal kjøre i rute på næringsområdet Forus Nord - Proterra utvikler et testsystem for store, førerløse busser fra bunnen av i samarbeid med flere aktører

Kilde: Swissinfo.ch (2016), Kolumbus (2017)

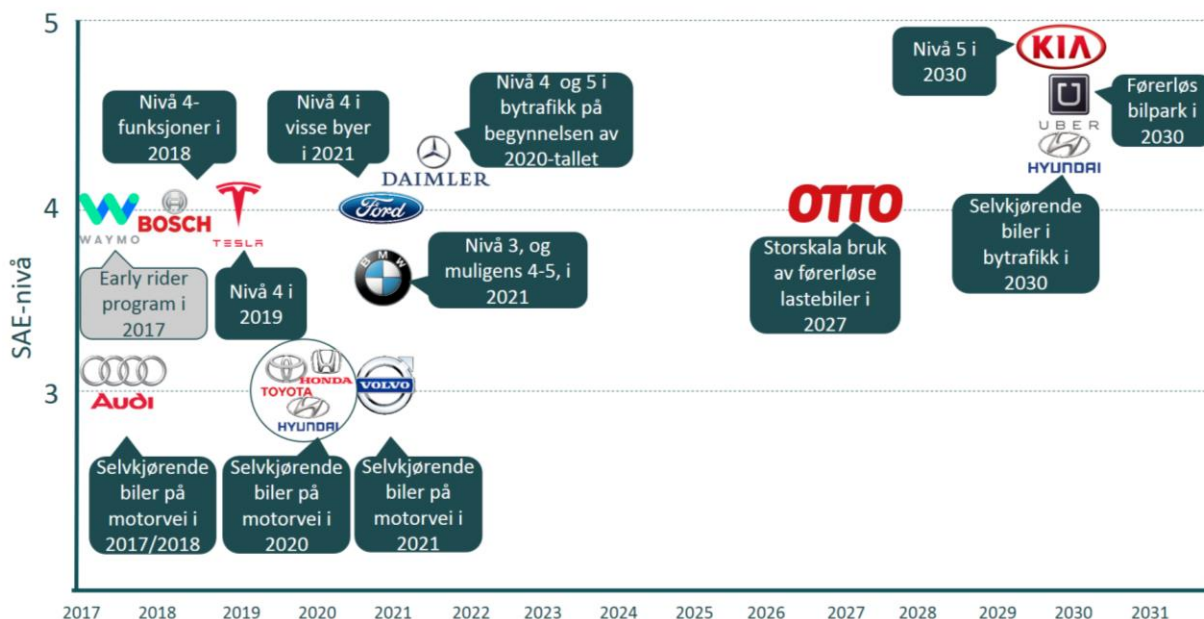
Personbiler og taxier

De fleste store bilprodusenter, inkludert Mercedes-Benz, Audi, Volvo, Bosch, Nissan, BMW, Tesla og Ford, jobber i dag med å utvikle selvkjørende kjøretøy. Figur 9 viser forventet tidsskala for kommersiell produksjon av autonome kjøretøy på SAE-nivå 3-5 ifølge billeverandørene selv. Mens figuren gir et bilde på teknologiutviklingen kan imidlertid implementeringen av biler på nivå 4 og 5 forskyves frem i tid dersom utviklingen av regelverk og infrastruktur ikke holder tritt. Eksempelvis forespeiler BMW å lansere nivå 3-biler i 2021, men forventer også å kunne lansere biler på nivå 4 eller 5 dersom de nødvendige regulatoriske forholdene er på plass.

Etter planen skal den første kommersielle bilen på SAE-nivå 3, Audi A8, lanseres i 2018. Fram til da har Tesla blitt regnet for å ha kommet lengst på autonome systemer blant biler som selges kommersielt, selv om Tesla-bilene som er tilgjengelige på markedet i 2017 ikke har kommet over SAE-nivå 2 per definisjon.

Det siste tiåret har også teknologiutviklere entret markedet for autonome kjøretøy. De representerer både potensielle samarbeidspartnere og utfordrere for tradisjonelle bilprodusenter. For eksempel samarbeider Uber med GM-Carnegie Mellon Autonomous Driving Collaborative Research lab i Pittsburgh. Googles datterselskap Waymo, er blant aktørene som har kommet lengst i utviklingen av autonome biler på SAE-nivå 5. Siden 2012 har Waymos testbiler navigert i komplekse bygater med fotgjengere, syklist, veiarbeid osv. I 2017 lanserte Waymo et «early rider» program hvor deltakere fra visse bydeler i Phoenix får bruke selvkjørende biler i dagliglivet.

Figur 9: Forventet tidsskala for pilotprosjekt (grått) og kommersiell produksjon (blått) av autonome kjøretøy på SAE-nivå 3-5



Kilde: Thema Consulting Group basert på Walker (2017) og billeverandørers hjemmesider.

Det er også en rekke testprosjekter for bruk av selvkjørende biler til taxier og andre bildelingstjenester. Ford (2016) har som mål å ha kommersiell drift av autonome biler tilsvarende SAE-nivå 4 til bruk i bildelingstjenester i 2021. NuTonomy var først ute med å teste en selvkjørende biltjeneste i offentligheten med sitt pilotprogram som ble lansert i Singapore i 2016. NuTonomy sikter på å lansere en kommersiell taxitjeneste med selvkjørende biler i 2018, men det er uklart når tjenesten vil inkludere biler med nivå 5 av autonom kjøring. NuTonomy, som kun fokuserer på softwareteknologi, har inngått samarbeid med bilprodusenten Peugeot og bildelingstjenestene Lyft og Grab. Uber har også inngått et samarbeid med Daimler, som eier Mercedes-Benz, for å operere selvkjørende biler i sitt nettverk. Videre planlegger Delphi å teste selvkjørende taxier og skytteltrafikk på offentlige veier i Frankrike fra 2018. Delphis tjenester vil først ha personer om bord kun for å kommunisere med passasjerene mens systemet overvåkes fra et kontrollsenter hvor det er operatører som kan ta kontroll over kjøretøyene ved behov. Delphi forventer at tjenesten vil bli operasjonell i 2019.

Varebiler og lastebiler

I 2015 lanserte Daimler Freightliner Inspiration som var den første selvkjørende lastebilen på SAE-nivå 3 i verden. Lastebilen har fått lisens til å kjøre testturer på offentlige motorveier i Nevada med en menneskelig fører. Freightliner Inspirations bruk av autonom kjøring er imidlertid begrenset til kjøring på motorvei og lastebilen vil ikke passere andre kjøretøy på egenhånd.

Siden da har flere aktører, som Tesla, Nikola Motor, Otto og en rekke oppstartsselskaper jobbet med å utvikle selvkjørende tungtransportkjøretøy. Den del-automatiserte, elektriske semitraileren, Tesla Semi, ble lansert for det kommersielle markedet høsten 2017. Med funksjoner som automatisk bremsing, kjørefeltassistanse og kjørefeltvarsler er Tesla Semi tilsvarende SAE-nivå 2. Otto (som nå er kjøpt av Uber) gjennomførte den første kommersielle varelevering med semitrailer i Colorado i 2016. Lastebilen kjørte 200 kilometer på hovedvei med 2000 kasser Budweiser øl uten assistanse, men med sjåfør om bord. Kjøring til og fra hovedveien ble gjort med fører.

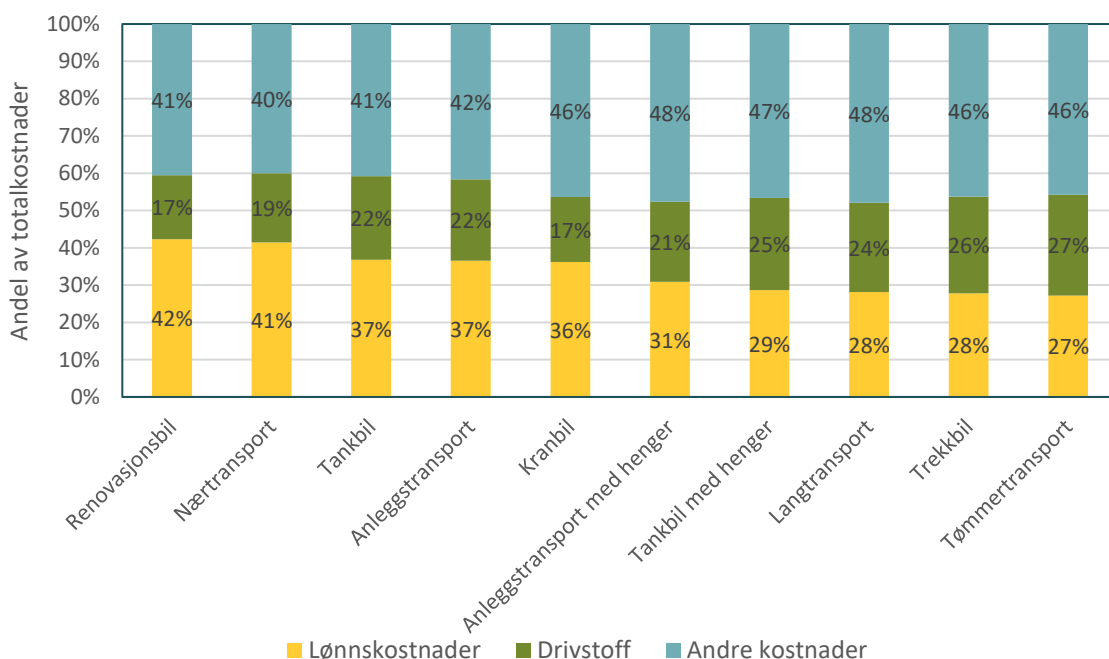
I Europa er det blitt gjort flere tester og kjøringer med platooning (kolonnekjøring), hvor første lastebil i en kolonne kjører som ledebil, lastebilene bak i kolonnen kobler seg til første lastebil og følger dens kjøremønster. Fordelen er at bilene kan ligge tettere, bruke mindre drivstoff og at sjåfør bak i kolonnen kan «hvile». I 2016 ble det gjennomført et større demonstrasjonsprosjekt hvor seks

fabrikanter deltok i European Truck Platooning Challenge. Daf, Daimler, Iveco, Man, Scania og Volvo kjørte kolonner fra forskjellige land i Europa til Nederland. Scania arbeider også sammen med myndighetene i Singapore for å bruke samme teknologi for transport i havneområdet i Singapore.

Det er også utvikling av autonome lastebiler innen mer spesialiserte områder som gruvedrift og f.eks. søppelkjøring. Blant annet har Volvo Trucks prosjekter innen disse områdene. Andre områder hvor dette er aktuelt er f.eks. brøyting av flyplasser.

Utvikling av selvkjørende lastebiler har startet, men utviklingen ligger noe bak selvkjørende personbiler og mindre busser. Det er mange drivere for at denne utviklingen vil fortsette å akselerere. Selvkjørende tungtransport kan gi betraktelige kostnadsbesparelser på sikt. I Norge utgjør lønnskostnadene mellom 27 og 42 prosent av totalkostnadene for varetransport, som vist i Figur 10. For renovasjonsbiler og nærtransport utgjør lønnskostnadene over 40 prosent av totalkostnadene.

Figur 10: Kostnadsfordeling for norsk varetransport etter kjøretøysgruppe, 2017



Merknad: Andre kostnader består av reparasjons- og servicekostnader, dekk, administrasjon, forsikring, fergekostnader og bompenger og kapitalkostnader. Kilde: Thema Consulting Group basert på Norges Lastebileier-forbund (2017).

Mangel på sjåfør er en annen driver for autonome lastebiler. I følge American Trucking Associations vil det være et underskudd på 240 000 lastebilsjåførere i USA allerede i 2022 (Davies, 2015). Selvkjørende lastebiler vil ikke automatisk fjerne behovet for sjåførere, men gi muligheter for å effektivisere varetransporten. Eksempelvis kan selvkjørende lastebiler redusere behovet for hviletid underveis da sjåfør kan hvile under kjøring på enkelte strekninger. Kjøring på motorvei er lettere å få til for selvkjørende lastebiler enn kjøring på mindre veier og i tettbygde strøk. Utnyttelse av kjøretøy i flere timer av døgnet vil bidra til lavere kapitalkost per leveranse og forbedre økonomien for varetransport. Et sannsynlig scenario vil være at sjåførere fortsatt håndterer kjøring på start og endepunkt, men kan få «hviletid» på motorvei ved hjelp av assistansesystemer. Alternativt kan lastebiler bli helt selvkjørende til og fra knutepunkt der sjåførere tar over, eller varer lastes om til andre kjøretøy.

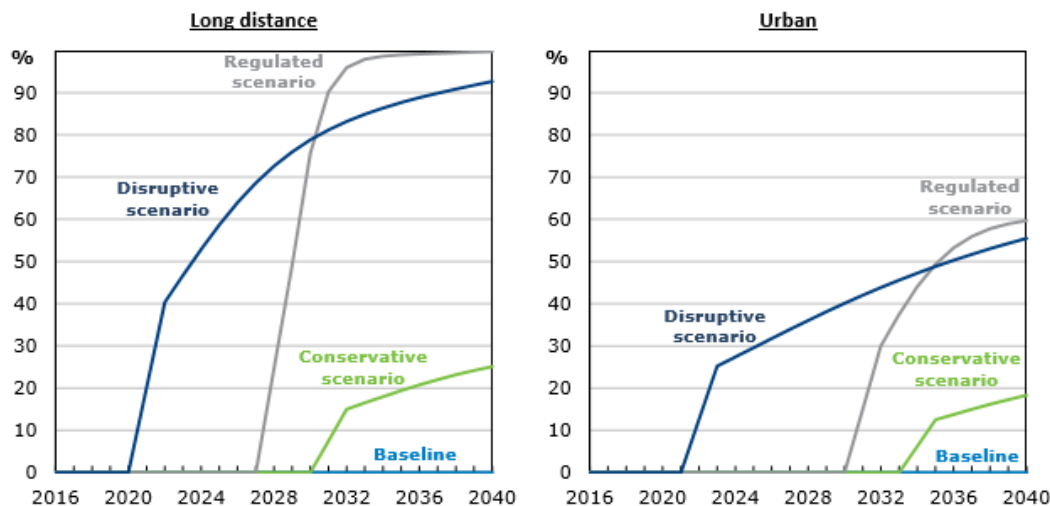
Driftskostnader vil kunne reduseres ved at automatiserte systemer vil kunne optimalisere bremsing og akselerasjon. Platooning reduserer også drivstoffkostnader ved at lastebilene kan kjøre tettere og dermed ha mindre luftmotstand.

Estimater viser at kanskje så mye som 94 prosent av alle ulykker i trafikken er forårsaket av menneskelig feil (McDermott, 2017). Økt bruk av sensorteknologi og automatisering vil kunne

redusere ulykkesfrekvensen for veitransport og er en svært viktig driver for videre utvikling av autonome lastebiler.

International Transport Forum (2017) har utviklet scenarier for hvor fort de mener at førerløse lastebiler vil bli introdusert i Europa og USA. I deres scenario er det et tydelig skille mellom penetrasjonsgraden for langkjøring (motorvei) og kjøring med lastbil i tettbygde strøk og byer.

Figur 11: Andel autonome kjøretøy i godstransport over tid i ulike scenarier



Kilde: International Transport Forum (2017)

Busser

I Europa finnes det en rekke prosjekter for selvkjørende busser. I 2017 gjennomførte Storbritannias Transport Research Laboratory (TRL) sitt først testprosjekt med selvkjørende skytteltrafikk i Greenwich (McDermott, 2017). Kjøretøyene kjører i egne felt ved siden av fotgjengere og syklist, men er ikke integrert med andre biler på veiene. I Oslo planlegger Ruter å teste 10 til 20 selvkjørende busser i 2018. Både prosjektene til TRL og Ruter er tiltenkt å takle utfordringen med den første og siste strekningen med kollektiv transport (*the last mile*).

Flere andre norske aktører står også klare til å teste autonome kjøretøy i Norge når loven for utprøving av autonome kjøretøy trer i kraft fra 1. januar 2018. Kolumbus (2017) har et prosjekt for førerløse busser som i første fase kjører på et lukket testområde på Forus. Når Norge får på plass en lov for selvkjørende kjøretøy, skal bussen testes på kommunal vei med begrenset trafikk. I Fase tre av prosjektet vil bussen kjøre i rute mellom de 3000 bedriftene på næringsområdet Forus Nord.

Applied Autonomy leverer driftssystemer til autonome kjøretøy. Hovedproduktene som er under utvikling er en kontrollsentral og flåtestyring som skal kunne samhandle. Kongsberg er valgt som testarena for produktene.

Proterra utvikler nå et testsystem for store, førerløse busser i samarbeid med flere aktører. Prosjektet er inndelt i tre faser, hvor den første innebærer å bygge ut infrastruktur som tilrettelegger for førerløse busser. Testgaten i Rino blir utstyrt med sensorer og kamera. Blant annet brukes lys for å spore avstanden til nærliggende objekter og varmesensorer for å oppdage fotgjengere. I tillegg vil gatelysene være utstyrt med radioer som kan fortelle bussene hva som skjer i krysset framover. Etter at sensorene er installert vil bussen kjøre i ett år for å samle inn data. Neste steg i prosjektet består av innsamling og bruk av data, for å utvikle et sett med algoritmer for autonomi. Algoritmene må bruke alle dataene fra alle de ulike sensorene for å gi et enkelt, sammenhengende bilde av omgivelsene rundt bussen. Kommersialisering er det siste steget i prosessen. Proterra mener at det er et langt stykke frem til store busser kjører ubemannet fordi en sjåfør er ansvarlig for flere oppgaver enn selve kjøringen.

2.2.2 Autonom maritim transport

Autonome ubemannede fartøyer brukes i dag til militære formål og andre oppgaver i uoversiktlige eller farlige områder, samt til måling og kartlegging av geografiske områder. Mens førerløse fartøyer hittil har vært lite brukt til å frakte gods og passasjerer, har nå flere aktører prosjekter for å utvikle slike autonome ferger og skip. Autonome fartøy er forventet å øke sikkerheten betraktelig.

Nødvendig teknologi for autonom maritim transport

I likhet med selvkjørende biler, vil førerløse skip ha behov for sensorpakke til å overvåke omgivelsene og styringssystem som justerer skipets hastighet og kurs. Sensorpakken om bord i de første autonome skipene vil vanligvis både inneholde konvensjonelt utstyr som GPS, radar og posisjonstranspondere og ny sensortechnologi. Eksempelvis vil laseravstandsfinnere, som enkelte biler har i dag, og kameraer med infrarød teknologi kunne fungere som erstattere for menneskeøyne.

Høyteknologiske havner må utvikles for at det skal bli mulig å legge til, lade og utføre vedlikehold på førerløse skip. Sannsynligvis må havnene oppgraderes med avansert teknologi som ekstra posisjonsgivere, systemer for automatisk fortøyning, lasthåndtering og lademuligheter.

Status på autonome fartøy

Norge og Finland ligger i tet på utvikling av autonome fartøy. Finske myndigheter har finansiert et FoU-prosjekt hvor det langsiktige målet er å oppnå et fullstendig autonomt system for hele Østersjøen innen 2025. I 2016 ble Trondheimsfjorden verdens første testområde for førerløse skip. I tillegg har Sjøfartsdirektoratet og Kystverket godkjent Storfjorden på Sunnmøre for testing av teknologi for ubemannet seilas. I Norge kan de første ubemannede skipene bli tatt i bruk i sivil transport om to til tre år, gitt at regelverket åpner for å tillate slike skip (SINTEF, 2017a). SINTEF (2017a) forventer at førerløse skip først vil benyttes i kysttrafikk mellom større havner og små, nærliggende kaier. Disse skipene er enklere å vedlikeholde siden de holder seg nærmere land, noe som gjør at skipene kan være ubemannede.

Kongsberg er med å utvikle verdens første selvkjørende, helelektrifiserte containerskip, MV «Yara Birkeland», som skal gå mellom Yaras gjødsselfabrikk og utskipingshavnene i Brevik og Larvik fra 2020. Etter planen skal testing med kaptein og et lite mannskap, plassert i en containerbasert bro- og mannskapsenhet, starte mot slutten av 2018. Deretter skal skipet testes med fjernstyring i løpet av 2019, før det i 2020 vil settes i drift som verdens første autonome, kommersielle fartøy. Skipet vil erstatte 40.000 vogntogturer i året. Autonome feeder-skip har stort potensial til å erstatte godstransport på smale veier som er lite egnet for vogntog. Mens bemannede skip har vært preget av stordriftsfordeler, gjør autonome fartøy drift av flere og mindre skip mer konkurransedyktig siden kostnaden til personell reduseres kraftig. Små fartøy gir også mer fleksibilitet samt nye muligheter for å ta i bruk klimavennlig teknologi fordi små fartøy behøver mindre energi enn større fartøy. I startfasen er derfor kysttransport mer relevant for autonome skip enn havkrysning. Utfordringene ved havkrysning inkluderer kravene til vedlikehold og behovet for et internasjonalt regelverk.

2.2.3 Tog og T-baner

Skinnegående transport var tidligst ute med å ta i bruk autonom kjøring. Den første førerløse T-banen ble allerede satt i drift i 1983 i Frankrike. I dag brukes førerløse T-baner i 15 byer i Europa, i tillegg til i en rekke byer i Nord-Amerika, Sør-Amerika og Asia. Norge har foreløpig ingen førerløse T-baner eller tog. Togene som trafikkerer T-banenettet i Oslo, Siemens MX 3000, er imidlertid teknologisk forberedt for autonom drift. Etter planen skal T-banen i Oslo få kommunikasjonsbasert togkontroll (CBTC) i 2024. Med dette signal- og sikringssystemet vil T-banen kunne kjøre automatisk, men overvåkes av en togfører som er i vognen og er ansvarlig for sikkerhet i forbindelse med overvåkning av dørlukking. Sporveien (2016) forventer at CBTC vil gi økt kapasitet, høyere hastighet, bedre punktlighet og styrket sikkerhet for reisende og førere. I tillegg har Jernbanedirektoratet besluttet å innføre det nye felles europeiske signalsystemet, ERTMS nivå 2. Utbyggingen skal gjennomføres av Bane Nor (2017), vil strekke seg over 15 år og koste rundt 23,4 milliarder kroner totalt.

Om teknologien:

Standarden IEC 62290-1 brukes av den internasjonale organisasjonen for offentlig transport, UITP, for å klassifisere fire grader av autonom kjøring for metrosystemer som vist under. De fleste førerbetjente tog har i dag både ATP og ATS som tilsvarer minst nivå en av autonomi. T-baner på nivå tre av autonomi bruker ATO-systemet til togstyring, men har en person i toget som kan stoppe vognsettet ved behov. T-baner på nivå 4 av autonomi, bruker ATO-systemet uten menneskelige førere eller verter, men kan ha operatører som overvåker T-banen fra et kontroll- og vedlikeholdssenter.

Fire nivåer for autonom kjøring av t-baner

Grad av autonomi	Type togføring	Sette toget i bevegelse	Stoppe toget	Lukke dører	Styre ved uventet hendelse
Nivå 1	ATP med fører	Fører	Fører	Fører	Fører
Nivå 2	ATP og ATO med fører	Automatisert	Automatisert	Fører	Fører
Nivå 3	Førerløs	Automatisert	Automatisert	Togvert	Togvert
Nivå 4	Ubemannet	Automatisert	Automatisert	Automatisert	Automatisert

Merknad: ATP: Automatisk togkontrollsystem som beskytter toget mot ulykker. ATO: Automatisk togstyring som er ansvarlig for å stoppe togene på stasjonene, åpne dørene og igangsette togene igjen. Kilde: Thema Consulting Group basert på International Association of Public Transport [UITP] (n.d.).

Førerløse T-baner har en rekke fordeler. I forhold til konvensjonelle T-banesystemer, kan førerløse tog ha en kortere avstand i mellom seg, noe som gjør at rundt 20 prosent flere passasjerer kan transporteres langs samme T-banelinje (Allianz pro Schiene, 2016). I tillegg gir førerløse T-baner redusert energiforbruk og bedre punktlighet.

Mens bruken av førerløse tog i hovedsak er forbeholdt T-baner, finnes det også planer om å benytte førerløse tog til lengre distanser. I 2017 gjennomførte mineselskapet Rio Tinto verdens første langdistansereise med et godstog uten et menneske om bord (RioTinto, 2017). Det selvkjørende toget kjørte en 100 km lang tur i Australia.

Franske statseide SNCF har en målsetning om å utvikle prototypen til prosjektet «togdronen» (train drone) innen 2019. Etter planen skal «togdronen» i første omgang brukes til godstransport, for deretter å brukes til å frakte passasjerer fra 2023. Det er imidlertid flere utfordringer knyttet til å ta i bruk førerløse tog for langdistanse enn i lukkede T-banesystemer. Hovedutfordringene er knyttet til store variasjoner i togtyper, signaler og kjøremønstre på hovedstrekningene.

Flere aktører har utviklet selvkjørende tog som kjører på såkalte virtuelle skinner i stedet for vanlige jernbaneskinner. I Kina testes prosjektet ART (Autonomous Rail Rapid Transit), som beskrives som en krysning mellom buss, tog og trikk. Etter planen skal det elektriske transportmiddel frakte passasjerer fra 2018. Kjøretøyene kan kjøre på vanlige veier ved hjelp av en teknologi som

registrerer dimensjonene på veien. Dermed kan man oppnå betraktelige kostnadsbesparelser i infrastrukturbygging. Disse togsettene forventes å være tilgjengelige allerede innen 2018.

Det nederlandske teknologiselskapet 2getthere jobber med å utvikle avanserte versjoner av førerløse tog, kalt automatiserte menneskeflyttere (automated people movers). Transportmiddelet skal binde sammen Dubais T-banesystem med et av byens planlagte utkantsområder, Bluewater. I stedet for å kjøre på jernbane, skal 2getthere's transportmiddel kjøre på en egen to-veis linje.

2.2.4 Luftfart

Ubemannede fly er allerede vanlig i militære bruksformål. Bruken av droner for sivile og kommersielle formål er derimot i en tidlig fase. Flere byer i Kina, India og California har testprosjekter for bruk av droner i leveringstjenester, men utsiktene for kommersialisert dronebruk er usikre (IEA, 2017). Amazon har startet å teste ut leveranser av pakker (under 2,3 kg) med droner. Tester har blitt foretatt i flere land. Sikkerhet og regulering av luftrommet har frem til nå satt begrensninger for større testing og kommersialisering. Kapasitetsbegrensninger og høye kostnader per reisekilometer begrenser dronenes mulighet til å utkonkurrere veitransport for frakt og levering. Droner har imidlertid vist seg å være ekstremt nyttige i områder som mennesker ikke kan nå eller levere på en presis og effektiv måte. Eksempelvis kan droner brukes til ekspresslevering, levering av nødhjelp og lignende til avsidesliggende samfunn og katastroferammede områder, sikkerhetsinspeksjoner, overvåking og geografisk kartlegging.

I 2013 ble de første forsøkene på fullstendig førerløse passasjerfly gjennomført i Storbritannia. Selv om teknologien er på plass, er frykt blant passasjerene en barriere for førerløse passasjerfly. Det er dermed sannsynlig at fraktfly blir pilotløse før passasjerfly. I Norge kan vi få pilotløse passasjerfly innen 2050, mens pilotløse fraktfly kan bli tatt i bruk allerede om 5-10 år (Heggdal & Veløy, 2015).

Airbus har et pågående prosjekt for en selvkjørende lufttaxi som skal testes i 2018. Vahana er et elektrisk propellfly som brukere skal kunne bestille og betale for ved hjelp av en mobilapplikasjon (Tek.no, 2017). Flere aktører jobber med tilsvarende løsninger. Eksempelvis har Uber planer om å begynne testing av flyvende taxier i 2020. I likhet med Airbus' lufttaxi, skal Uber Elevate være små, elektriske fartøy med VTOL (Vertical Take-off and Landing).

2.3 Framtidsutsikter for autonome kjøretøy

I det videre drøfter vi i hovedsak trender for bruk av autonome kjøretøy i veitransport. Implementeringshastigheten for selvkjørende biler er usikker og en rekke organisasjoner mener at utviklingen må ses i sammenheng med eierskaps- og bildelingstrender. Avsnittene under tar for seg ulike prognoser for implementeringshastigheten for biler med ulike nivåer av autonomi, for deretter å utlede sammenhengen mellom selvkjørende biler og eierskapsmodeller.

2.3.1 Implementeringshastighet for ulike nivåer av selvkjøring

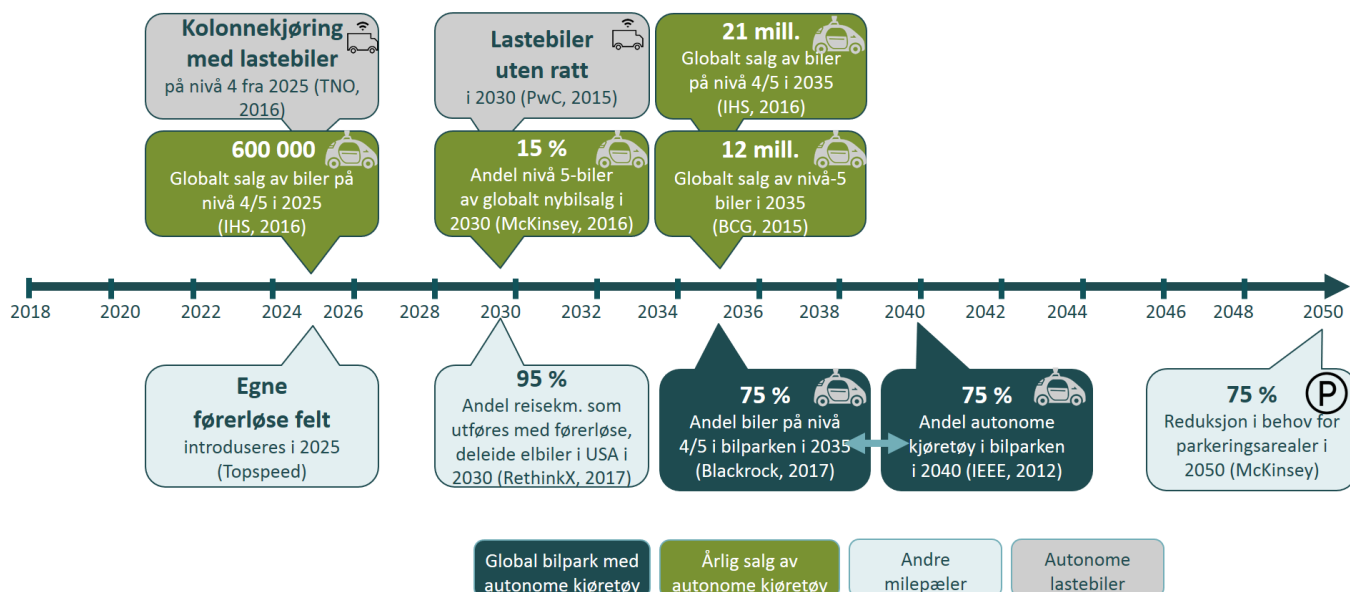
Det er relativt bred konsensus om at autonome kjøretøy på nivå 3 kan bli tilgjengelig både i EU-markedet og på andre kontinenter innen 2020. Som vist i avsnitt 2.2.1 har billeverandører som Audi, Toyota, Honda, Hyundai og Volvo planer om å lansere biler på nivå 3 på det kommersielle markedet mellom 2018 og 2021. EU-Kommisjonen (2017b) tror også at autonome kjøretøy som legger til rette for at bilføreren kan holde på med andre aktiviteter i begrensede førersituasjoner som på motorvei (dvs. nivå 3-biler) kan bli tilgjengelige i EU-markedet innen 2020. Videre produserer Tesla nå alle sine biler med teknisk utstyr som kan oppgraderes på sikt for å gi bilene en høyere grad av autonomi.

Det hefter større usikkerhet rundt når selvkjørende biler på nivå 4 og 5 vil bli tilgjengelig på det kommersielle markedet. Figur 12 viser prognoser for ulike milepæler for implementering av autonome kjøretøy ifølge aktørene IHS Automotive (2016), McKinsey (2016), Blackrock (2017), IEEE (2012), BCG (2015), Topspeed (n.d.) og RethinkX (2017).

McKinsey (2016) tror nivå 5-biler først tas i bruk fra slutten av 2020-tallet. I et progressivt scenario forventer McKinsey (2016) at opptil 15 prosent av det globale nybilsalget i 2030 vil være selvkjørende biler på nivå 5, gitt at teknologiske og regulatoriske barrierer blir løst. BlackRock (2017) forventer at

biler på nivå 4 og 5 vil introduseres fra slutten av 2020-tallet, gitt at man overkommer regulatoriske og etiske problemstillinger som hvem som er juridisk ansvarlig hvis en selvkjørende bil treffer en fotgjenger. Under disse forutsetningene øker andelen biler på nivå 4 og 5 fra under 5 prosent i 2025 til 75 prosent i 2035.

Figur 12: Prognoser for implementeringshastighet til autonome kjøretøy ifølge ulike aktører

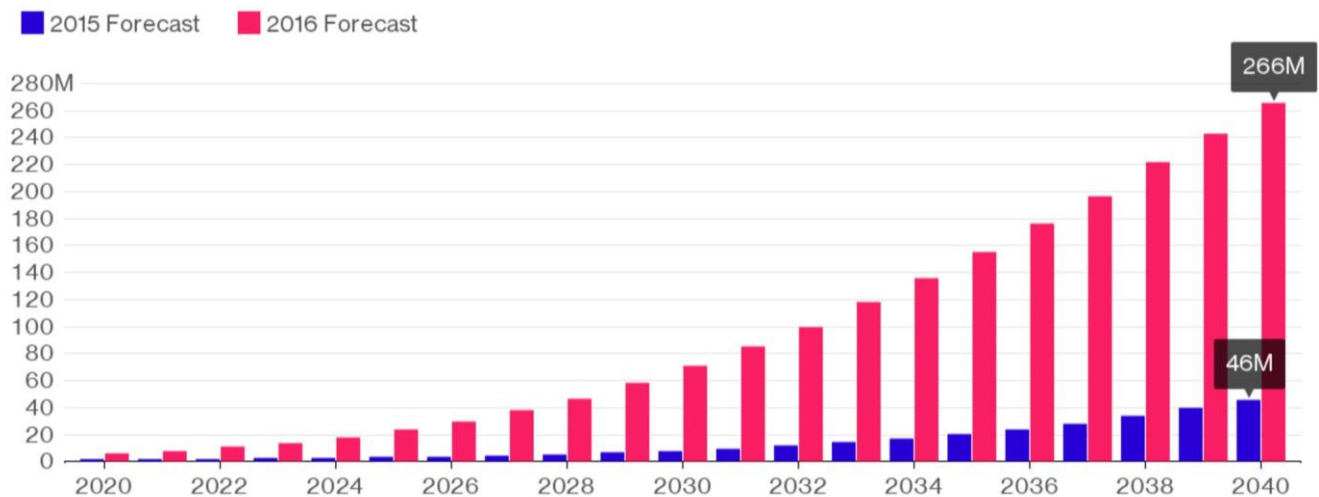


Kilder: Blackrock (2017), IEEE (2012) og Quartz (2017)

RethinkX (2017) ser for seg at innen 2030 vil 95 prosent av antall reisekilometer i USA være med selvkjørende elektriske biler som ikke er privateide, men derimot tilbys gjennom mobilitet som en tjeneste (MaaS). I deres fremtidsvisjon fører den høye konkurransen i markedet for transportdelings-tjenester til at autonome biler erstatter biler med menneskelige førere siden det gir kostnadsfordeler. RethinkX (2017) estimerer at autonome elektriske kjøretøy vil ha en ti ganger høyere bruksrate, lengre livstid og betraktelig lavere kostnader for vedlikehold, drivstoff og forsikring enn biler med menneskelig fører og forbrenningsmotor.

IHS Automotive (2016) forventer at det globale salget av biler på nivå 4 og 5 per år øker fra 600 000 i 2025 til 21 millioner i 2035. IHS Automotive oppjusterte de nyeste anslagene sine betraktelig som følge av nye investeringer og teknologiske fremskritt i utvikling av autonome kjøretøy.

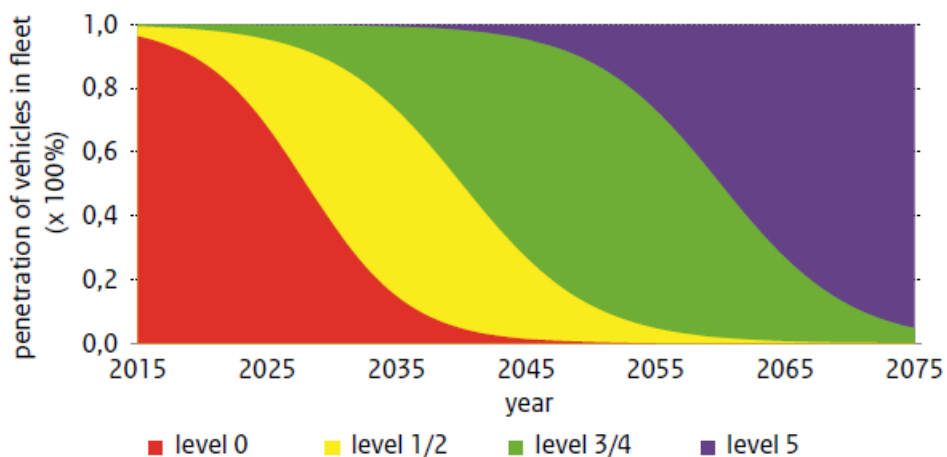
Historisk finnes det en rekke eksempler på at aktører undervurderer hvor fort ny teknologi vil tas i bruk. Både for elbiler og internett var det få som så for seg hvor fort implementeringshastigheten kom til å bli da teknologien først ble introdusert på markedet. Bare fra 2015 til 2016 oppjusterte OPEC sine prognoser for elbiler med nesten 500 prosent, som vist i figuren under. I Norge passerte elbilbestanden 120.000 i 2017, og elbiler utgjorde mer enn 18 prosent av nybilsalget.

Figur 13: Oppjustering i OPECs prognoser for elbilutviklingen mot 2040 fra 2015 til 2016

Kilde: Bloomberg Technology (2017)

De ovennevnte eksemplene illustrerer at implementeringshastigheten for autonome kjøretøy kan gå mye raskere enn det mange aktører ser for seg i dag. Mens elbilen også sto foran omfattende infrastrukturinvesteringer, stiller autonome kjøretøy imidlertid større krav til tilpasning av nasjonale og internasjonale regelverk.

Implementeringen av biler med ulikt nivå av autonomi vil skje gradvis og overlappende. Figur 14 viser en hypotetisk illustrasjon av hvordan bruken av biler med ulike nivåer av autonomi kan utvikle seg over tid, hvor nesten hele bilparken består av selvkjørende biler på nivå fem innen 2075.

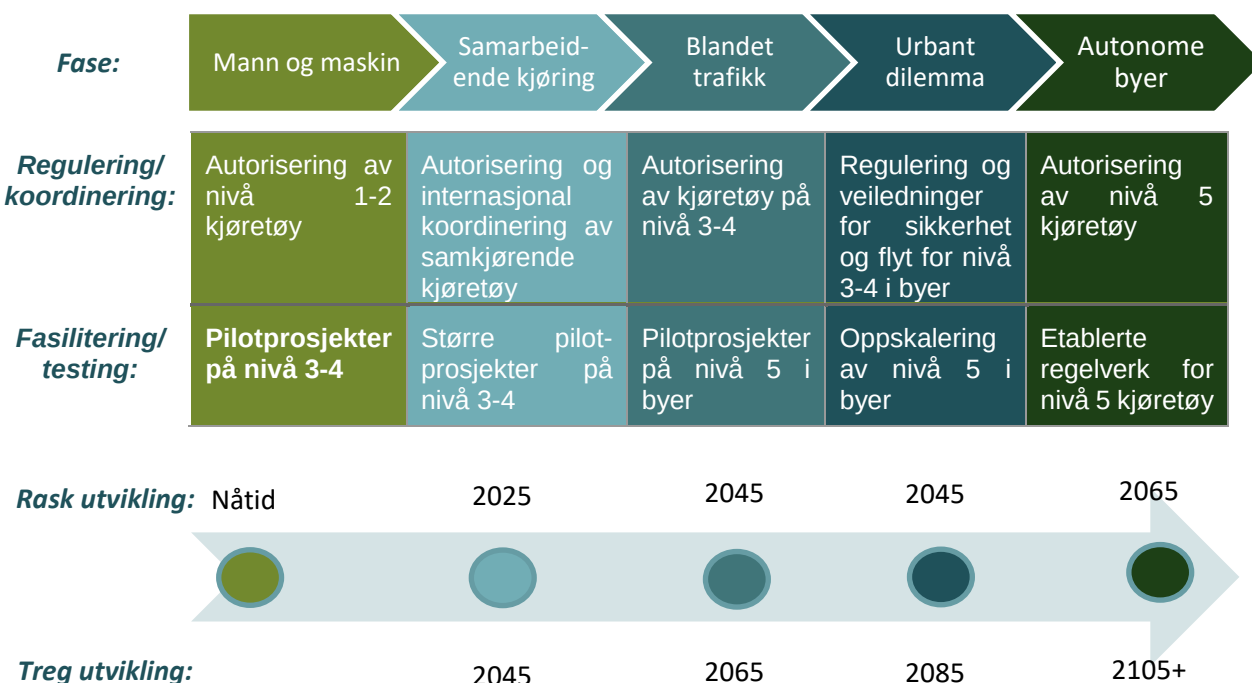
Figur 14: Utvikling av bilparken per nivå av autonomi i perioden 2015-2075

Kilde: KiM (2017)

Allerede i dag er infrastrukturen for biltransport ulikt utformet i forskjellige typer byer. På sikt vil type by i økende grad være en indikator for hvordan transportsystemet og bilsalget ser ut og erstatte det regionale perspektivet som tradisjonelt har beskrevet transportmarkedet. Eksempelvis forutser McKinsey (2016) at bilmarkedet i New York vil ha mer til felles med markedet i Shanghai enn i Kansas i 2030. Rike byer med høy befolkningstetthet vil trolig være først ute med å implementere storskala løsninger basert på selvkjørende kjøretøy. Megabyer som London og Shanghai vil ha en helt annen implementeringsrate enn avsidesliggende områder der privatbiler vil forbli den foretrukne transportmåten i lengre tid av praktiske årsaker.

Netherlands Institute for Transport Policy Analysis [KiM] (2017) ser for seg fem overgangsfaser i veien til en fremtid med selvkjørende biler. Implementeringshastigheten avhenger blant annet av teknologi- og kostnadsutviklingen kombinert med befolkningens aksept av selvkjørende biler og markedspenetreringen. KiM (2017) har derfor utledet to mulige tidslinjer avhengig av om utviklingen er rask eller treg.

Figur 15: KiMs fem overgangsfaser mot en fremtid med selvkjørende biler



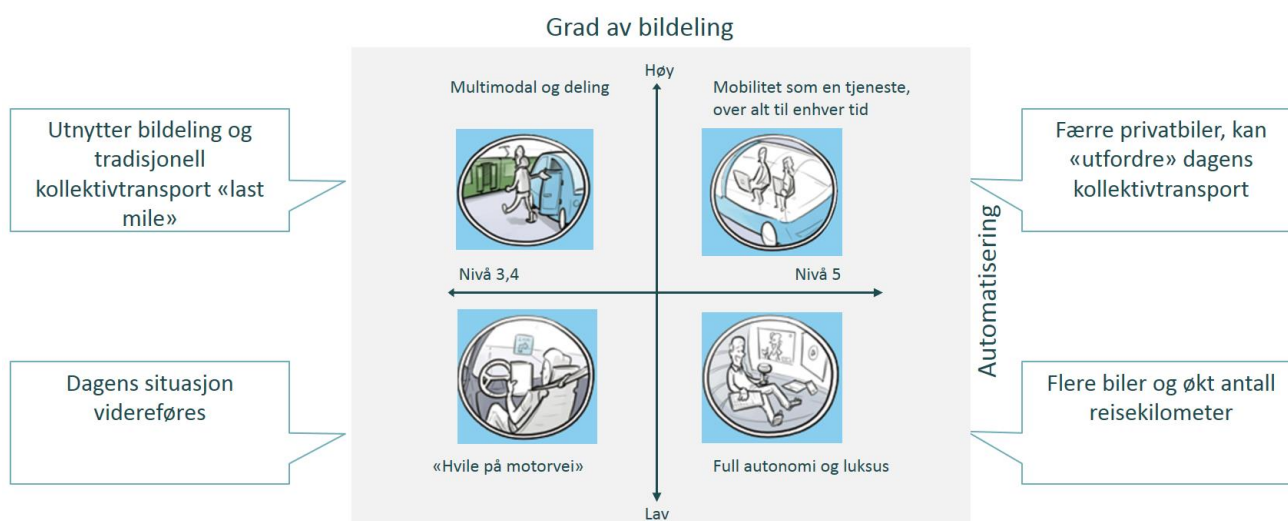
I den nåværende fasen, som KiM kaller «mann og maskin», støtter teknologien føreren og øker trafikksikkerheten. Mellom i dag og 2025/2045 (avhengig av om utviklingen er rask eller treg) forventer KiM (2017) økt bruk av støttesystemer, styringssystemer og teknologi for sammenkobling av kjøretøy. I denne fasen er utviklingen identisk for de to scenarioene. I senere faser utvikler scenarioet «deling i vekst» seg i retning av bruk av selvkjørende kjøretøy i offentlig transport og for den første og siste delen av reisen, så vel som i bildelingstjenester utenfor byene.

2.3.2 Scenarier for bruk av autonome kjøretøy og bildeling

Mulige modeller for eierskap og bruk av autonome kjøretøy kan gi en rekke scenarier for fremtidens transportsystem. I dag er landbasert transport dominert av privateide kjøretøy. Dersom denne trenden fortsetter, kan bileiere gradvis erstatte sine konvensjonelle biler med autonome biler.

Et annet scenario er at selvkjørende biler kombineres med bildelingstjenester. I så fall vil offentlig transport kunne bli et mer attraktivt alternativ til privateide kjøretøy. I byer med høy befolkningstetthet og et godt nettverk for offentlig transport, vil digitalisering kunne føre til et skifte fra tradisjonelle paradigmer for kjøretøyeierskap til mobilitet som en tjeneste (MaaS).

Kombinasjonen av bildelings- og eierskapstrender på den ene siden og grader av autonomi i kjøretøy på den andre siden kan gi opphav til ulike scenarier. Disse scenarioene utelukker ikke nødvendigvis hverandre, men kan inntreffe parallelt i ulike geografiske områder eller representere ulike faser over tid i et gitt område. Figur 16 viser fire scenarier for hvordan utviklingen av delingstjenester og kjøretøy med ulik grad av autonomi kan samspille.

Figur 16: Scenariokryss for automatisasjon og bildeling

Kilde: Thema Consulting Group basert på KiM (2017)

KiM (2017) ser for seg at bruken av selvkjørende kjøretøy i fremtiden kan ta to ulike retninger på lang sikt avhengig av hvorvidt privat eierskap eller bildeling blir normen. I scenarioet «Videreutvikling av privatbilen» (Evolution of the private car), hvor flertallet eier egne biler, blir offentlig transport gradvis mindre populært de neste tiårene og bilbruken øker betraktelig. I scenarioet «deling i vekst» (Sharing in bloom) der bildelingsbruken blomstrer, blir derimot offentlig transport mer populært og trafikkflyten forbedres.

International Transport Forum [ITF] (2015) finner at autonome kjøretøy vil øke antall kjøretøykilometer, selv om antall kjøretøy kan reduseres. ITF (2015) har analysert effekten av å innføre delingsordninger for autonome biler med to ulike delingskonsepter. I Taxibot-konseptet kan flere passasjerer samkjøre i autonome kjøretøy, noe som gir mulighet for full utnyttelse av passasjerkapasitet. I AutoVot-konseptet benyttes autonome kjøretøy til bildeling slik at en og en passasjer benytter kjøretøyet sekvensielt.

Tabell 3: Reisevolum i en ukedag under ulike scenarioer for TaxiBot (samkjøring) og AutoVot (bildeling)

Bilpark	Beskrivelse	Antall reisekm. (millioner)	Prosentvis endring fra basescenario
<i>Basescenario</i>		3,8	
100 % er delte autonome kjøretøy	Samkjøring (Taxibot):	Uten høykapasitets offentlig transport	4,62
		Med høykapasitets offentlig transport	4,01
	Bildeling (AutoVot)	Uten høykapasitets offentlig transport	7,15
		Med høykapasitets offentlig transport	5,44
50 % er privateide biler	Samkjøring (Taxibot):	Uten høykapasitets offentlig transport	6,04
		Med høykapasitets offentlig transport	4,90
	Bildeling (AutoVot)	Uten høykapasitets offentlig transport	7,20
		Med høykapasitets offentlig transport	5,69

Kilde: International Transport Forum (2015)

2.4 Forutsetninger for videre testing og bruk av autonome transportmidler

2.4.1 Teknologiutvikling

Selv om teknologien for autonom styring av transportmidler har kommet langt, er det fortsatt nødvendig å videreutvikle systemene til å takle uventede og komplekse situasjoner før autonome transportmidler kan anvendes i full skala. Systemene avhenger i dag av en rekke sensorer som er sårbare for hardt vær. Snø, tåke og kraftig regn kan sette sensorene ute av spill. Videre har de fleste testprosjektene for autonome kjøretøy blitt gjennomført på gode veier i mildt klima. Mye testing gjenstår før selvkjørende biler kan tas i bruk utenfor testområder og på vinterføre. Det er også fortsatt en utfordring for autonome kjøretøy å navigere rundt uventede veihindringer eller dårlig veimerking. Dagens systemer må derfor videreutvikles for å håndtere kjøresituasjoner som ikke har vært kartlagt på forhånd. I tillegg må systemene lære å forutse og forholde seg til menneskelig adferd som kan være både irrasjonell og uforutsigbar. For autonome fartøy er det også behov for å videreutvikle systemene til å analysere skipets omgivelser.

2.4.2 Juridiske avklaringer

Hittil har de fleste lovverk basert seg på en grunnleggende antagelse om at det er mennesker som styrer transportmidlene. Lovverkene må derfor tilpasses for å åpne for utprøving og bruk av autonome kjøretøy og fartøy så vel som pilotløse passasjer- og fraktfly. Førerløse T-baner er derimot utbredt og tillatt innenfor eksisterende lovverk i en rekke land allerede.

Lovverk for autonome kjøretøy

Flere land, inkludert Norge, har vedtatt lovverk for utprøving av selvkjørende biler de siste årene. I november 2017 ble «Lov om utprøving av selvkjørende biler» enstemmig vedtatt av Stortinget. Loven tillater helt førerløse kjøretøy på norske veier gitt at søkeren klarer å sannsynliggjøre overfor myndighetene at bilen kan kjøre selv. Loven trer i kraft 1. januar 2018. Da kan flere norske prosjekter med selvkjørende kjøretøy som hittil har vært begrenset til lukkede baner og testarenaer, søke om å få teste kjøretøyene i trafikk. Norges nye lovverk skiller seg fra flere nasjonale lovverk for utprøving av selvkjørende kjøretøy ved at den ikke stiller krav til fysisk fører i eller utenfor kjøretøyet. Dette er for eksempel et krav i Sverige og Tyskland.

I det vedtatte lovforslaget legges det opp til at utprøvingen skal skje gradvis, særlig ut fra teknologiens modenhet og med formål om å avdekke hvilke effekter selvkjørende kjøretøy kan ha for trafiksikkerhet, effektivitet i trafikkavviklingen, mobilitet og miljø. Loven stiller ikke et konkret krav om fører som overvåker kjøringen, men det skal vurderes i hver enkelt søknad om det anses trygt å tillate utprøving uten fører. På sikt vil det også være nødvendig med et lovverk som tilrettelegger for kommersiell bruk, og ikke bare utprøving, av førerløse kjøretøy på norske veier.

Regulering for bruk av autonome kjøretøy vil trolig kreve en mer omfattende utredning enn for utprøving. Temaer som trafikkontroll, sikkerhet, ansvar og dataeierskap må adresseres før autonome kjøretøy kan tas i kommersiell bruk. En stor andel av befolkningen vil trolig kreve at personvern må bli tatt hensyn til i utformingen av lovverk for dataeierskap. Per i dag er det fortsatt uklart hvem som skal ha eierskap og tilgang på data fra kjøremønstre og hvem som skal stå ansvarlig dersom denne informasjonen blir misbrukt.

En annen viktig problemstilling er hvem som skal holdes ansvarlig for trafikkulykker som kunne vært unngått eller begrenset i skadeomfang når autonome kjøretøy er involvert. Kjøretøy på nivå 5 av autonom kjøring vil i prinsippet ikke ha noen fører og passasjerene vil ikke lenger ha kontroll over styringen. Spørsmålet er dermed om andre aktører, som for eksempel billeverandøren, teknologiutvikleren eller delingstjenesten, skal holdes juridisk ansvarlig for uaktsom kjøring. Tilsvarende problemstilling er aktuell for biler med autonom kjøring på nivå 3 og 4 der systemet har ansvaret for omgivelsene, men førere kan gripe inn og overstyre ved behov. Ansvarsavklaring er aktuelt både med tanke på hvem som innehar det juridiske ansvaret ved skader og dødsfall så vel som hvem som skal betale for reparasjonskostnader som følge av trafikkulykker. Det er ventet at deler av ansvaret vil falle på billeverandører og systemutviklere. Volvo har annonsert at de vil ta

juridisk ansvar for kollisjoner når førere bruker deres IntelliSafe Autopilot som etter planen skal lanseres i 2020 (Vincent, 2017). Andre billeverandører som Mercedes-Benz og Cadillac har utsatt å lansere sin teknologi i påvente av juridiske avklaringer.

Fullstendig selvkjørende biler krever også andre juridiske avklaringer enn delvis autonome kjøretøy. Eksempelvis må myndighetene ta stilling til om man fortsatt skal stille krav til førersertifikat og om man eventuelt skal ha egne sertifikater for selvkjørende biler.

Australias nasjonale trafikketat, NTC (2017), drøfter en rekke juridiske hensyn i sitt lovforslag til bruk av selvkjørende biler og konkluderer med at lovverket burde åpne for at personer med fullstendig selvkjørende biler kan «kjøre hjem» i beruset tilstand, for å ikke begrense fordelene med den nye teknologien. NTC (2017) argumenterer for at det ikke vil være noen sikkerhetsrisiko tilknyttet kjøring i beruset tilstand siden personer i fullstendig selvkjørende kjøretøy uansett ikke har mulighet til å styre eller overstyre kjøretøyet.

Lovverk for autonom skipstrafikk og luftfart

Norge har i dag ikke noe lovverk som regulerer selvkjørende skipstrafikk, og Kystverket mener dette må utvikles for å styre utviklingen i ønsket retning. Selv om Norge foreløpig ikke har et spesifikt lovverk for selvkjørende skipstrafikk, har Kystverket og Sjøfartsdirektoratet mandat til å godkjenne testområder for autonome fartøy. Videre er det behov for harmonisering og standardisering av datasystemer for informasjonsutvikling, både på nasjonalt og internasjonalt nivå. Norsk Forum for Autonome Skip (NFAS) skal nedsette en arbeidsgruppe for å få på plass dette i Norge (Stensvolden, 2017).

Per i dag stiller internasjonale shippinglovverk krav til at skip må være tilstrekkelig bemannet. Autonome fartøy er dermed ikke tillatt i internasjonalt farvann. I 2017 vedtok imidlertid FNs internasjonale maritime organisasjon (IMO) å utrede hvordan eksisterende internasjonale lovverk kan anvendes på autonome fartøy. Siden prosessen med å få på plass et internasjonalt regelverk vil være omfattende, vil det ta tid før autonome skip kan krysse mellom kontinenter. Det internasjonale advokatfirmaet HWF (2017) forventer at et internasjonalt regelverk for autonome fartøy tidligst vil være på plass i 2028.

I likhet med autonome kjøretøy, må det juridiske ansvaret avklares for å ta i bruk førerløse skip. Det er ventet at eieren av skipet har et utvidet objektivt ansvar for operasjonen, men at også systemleverandøren får et utvidet ansvar for at systemet fungerer som spesifisert som en del av leveransen (SINTEF, 2017b).

Innenfor luftfart, har Norge vedtatt «Forskrift om luftfartøy som ikke har fører om bord» som trådte i kraft 01.01.2016. Loven er spesielt rettet mot dronebruk og stiller droneoperatøren ansvarlig for hendelser. Fra og med 2017 må man være sertifisert for å kunne operere ubemannede luftfartøy som droner i Norge. Ettersom bruken av pilotløse passasjerfly ligger langt fram i tid har spesifikke lovverk for dette foreløpig ikke vært på agendaen i Norge.

2.4.3 Sikkerhetshensyn

Innenfor veitransport er det flere aspekter som må adresseres før autonome kjøretøy kan ruller ut. Autonome kjøretøy må kunne navigere i svært komplekse omgivelser hvor fotgjengere, syklistene og menneskelige fører ikke nødvendigvis opptrer rasjonelt eller forutsigbart. Kjøretøyene må derfor være programmert til å kunne håndtere uventede situasjoner og tolke menneskelig adferd. Hvis autonome kjøretøy skal kjøre i samspill med menneskestyrte kjøretøy må systemene kunne navigere trygt i møte med sjåfører som kjører på rødt lys, tar uventede svinger og bryter fartsgrensene. Siden 94 prosent av trafikkulykker er forårsaket av menneskelige feil, må systemene forstå adferden til menneskelige førere før det blir trygt å ta i bruk autonome kjøretøy i vanlig trafikk (McDermott, 2017).

På tvers av alle transportsektorer vil autonom styring medføre at kravet til digital sikkerhet («Cyber Security») må økes. Autonome transportmidler består av mange datakomponenter og koblinger som er svært utsatte for bevisste handlinger som hacking og tilfeldige hendelser som utfordrer sikkerheten. Skadeomfanget av terrorangrep rettet mot autonome kjøretøy kan være enormt. I den

sammenheng må det avklares om myndighetene eller andre aktører skal ha rett til å overprøve systemet. I tillegg må trafikkregler og -signaler oppdateres for å ta hensyn til autonome kjøretøy og fartøy.

Etiske problemstillinger

Bruken av autonome kjøretøy driver frem nye etiske problemstillinger. Eksempelvis kan det oppstå situasjoner hvor en trafikkulykke er uunngåelig og kjøretøyet står overfor ulike utfall som uansett vil harme noen. En problemstilling er i så måte hvorvidt det autonome kjøretøyet skal programmeres til å prioritere sikkerheten til egne passasjerer fremfor andre, eller om prinsippet om å redusere det totale skadeomfanget skal veie tyngst. Dersom autonome kjøretøy prioriterer egne passasjerer kan man eventuelt få et sikkerhetsmessig klasseskille mellom passasjerer i autonome kjøretøy og andre som ferdes i trafikken. På den annen side kan det tenkes at en sjåfør i en konvensjonell setting ville prioritert egen sikkerhet først og ikke ofret seg for fellesskapet. I så fall kan det tenkes at forbrukere vil være nølende til å ta i bruk autonome kjøretøy hvis de opplever at de ikke har full kontroll over egen sikkerhet i potensielt farlige trafikksituasjoner.

2.4.4 Infrastruktur

Mange mener at smart infrastruktur og teknologi for kommunikasjon mellom kjøretøy må utvikles for at autonome kjøretøy kan tas i bruk på en trygg og effektiv måte. Veiinfrastruktur vil spille en stor rolle i implementeringen av selvkjørende kjøretøy (se Kapittel 3). Tilsvarende vil det være behov for infrastrukturløsninger som er tilpasset autonome fartøy i maritim transportsektor og luftfart.

2.5 Barrierer for implementering av autonome transportmidler

2.5.1 Drivere

Den økende interessen for autonome kjøretøy blant nasjonale myndigheter drives av forventningene om at autonome kjøretøy kan forbedre transportsystemet ved å gi økt trafiksikkerhet, mobilitet og produktivitet og samtidig redusere trafikkø og kostnader. Estimer viser at menneskelig svikt forårsaker 75 prosent av skipsulykkene og 94 prosent av trafikkulykkene i dag (Dragland, 2014; McDermott 2017). Innenfor vare- og godstransport er mangel på sjåfører en viktig driving force for utviklingen av tyngre autonome kjøretøy. Videre forventes autonome kjøretøy å gi økt produktivitet og mobilitet. Autonome kjøretøy kan redusere trafikkøen siden kjøretøyene kan kjøre tettere og tilrettelegge for nye forbrukergrupper.

2.5.2 Finansielle barrierer

Det er usikkert hvordan kostnadsbildet for autonome transportmidler vil utvikle seg på sikt. I dag, hvor de fleste autonome transportmidler er i en tidlig fase, er produksjonen ofte svært kostbar. Kostnadsnivået på lidar og andre sensortechnologier som brukes i autonome transportmidler er i dag høyt, men forventes å falle over tid når markedet blir mer modent. Siden systemfeil kan medføre fatale konsekvenser vil det stilles høye kvalitetskrav til alle kritiske komponenter, noe som øker kostnadsbildet. Dersom teknologi- og kjøretøysprodusenter vil holdes juridisk ansvarlig ved trafikkulykker vil det bidra til å drive prisnivået opp. For autonome kjøretøy vil brukerkostnaden i stor grad avhenge av hvorvidt kjøretøyene eies av privatpersoner eller brukes i delingstjenester og kollektiv transport med høy brukstid. Private og offentlige aktører vil også stå overfor en risiko for å bli låst til en gitt teknologi dersom de investerer i autonome kjøretøy og infrastruktur tidlig ettersom nye og smartere løsninger, som ikke nødvendigvis er compatible med tidligere versjoner, vil lanseres fortløpende. Dette kan bidra til at investeringer forskyves fremover i tid.

Autonome fartøy er forventet å ha lavere driftskostnader enn tradisjonelle fartøy. Besparelsene i driftskostnader er desto større hvis skipene kan være helt ubemannede. Hvorvidt total kostnaden ved autonome fartøy vil være lavere enn bemannede fartøy gjenstår å se når teknologien modnes.

2.5.3 Forbrukerbarrierer

En av de største barrierene til vidstrakt bruk av autonome kjøretøy er å oppnå aksept hos befolkningen. Flere undersøkelser viser at mange fortsatt er skeptiske til sikkerheten ved autonome kjøretøy og til å oppgi friheten ved å kunne styre selv. For autonome transportmidler generelt er det en psykologisk barriere at man fjerner muligheten for menneskelig inngripen ved feil. Dette anses som en begrensning for å ta i bruk pilotløse passasjerfly, til tross for at teknologien er moden for det. På den annen side viser den utbredte bruken av førerløse T-baner at innstillingen til autonom styring kan endre seg over tid når befolkningen gradvis blir vant med nye transportmodeller.

Innstillingen til selvkjørende biler er splittet mellom ulike kundesegmenter og avhenger også av individets syn på kjøreopplevelsen i seg selv. Bilførere som elsker å kjøre og får en frihetsfølelse av å eie sin egen bil kan være mer skeptiske til å gå over til selvkjørende biler. I en studie av amerikanske bilførere oppga 56 prosent av respondentene at de elsket å kjøre og ikke ønsket å gi det opp og 47 prosent mente at en selvkjørende bil ville fjerne moroen ved å kjøre (Ericsson Consumerlab, 2017). På den annen side er den unge befolkningen mer positivt innstilt til selvkjørende biler.

I en undersøkelse utført av American Automobile Association (AAA) i 2016 svarte 78 prosent av respondentene at de ville vært redde for å sitte på i en selvkjørende bil (Gerzema, 2017). I en undersøkelse utført av Harris Poll svarte 52 prosent at de fryktet for førerens sikkerhet og 35 prosent sa at de aldri ville vurdere å kjøpe eller lease en selvkjørende bil. Et flertall fryktet også for sikkerheten til fotgjengere og andre førere.

Flere tiltak kan tas i bruk for å overkomme skepsisen blant befolkningen. IBM fikk i oppdrag å gjøre passasjerene i førerløse biler mer tilfredse og komfortable ettersom mange rapporterte at de var ukomfortable med å sette seg inn i en bil uten noen form for kommunikasjon. IBM løste dette med å utvikle Olli (ala. Apples Siri) som passasjerene kan diskutere destinasjoner med og få restaurantanbefalinger og sightseeing fra. Dette medførte at brukertilfredsheten gikk opp.

2.5.4 Behov for internasjonal koordinering av standard og regelverk

Harmonisering og standardisering av kommunikasjons- og dataprotokoller vil være avgjørende for at selvkjørende biler og fartøy skal kunne ferdes på tvers av landegrenser. For å kunne utnytte fordelene ved bruk av autonome transportmidler i person- og varetransport fullt ut må det være lovlig og mulig å bruke autonome transportmidler i ulike land og systemer. Arbeidet med å koordinere internasjonale standarder og regelverk er svært omfattende og tidkrevende. Eksempelvis forventer det internasjonale advokatfirmaet HWF (2017) at et internasjonalt regelverk for autonome fartøy tidligst vil være på plass i 2028.

2.5.5 Behov for tilpasset infrastruktur

Siden teknologien for autonome transportmidler fortsatt er under utvikling er det uvisst hvilke nye infrastrukturløsninger og -oppgraderinger som vil behøves for at autonome transportmidler kan tas i kommersiell bruk. Under dagens teknologibilde, er det imidlertid behov for svært detaljert områdekartlegging og god veimerking for at autonome kjøretøy skal kunne navigere i et område. I tillegg vil samvirkende ITS være nødvendig for å kunne høste godene av autonome kjøretøy fullt ut. Det er derfor grunn til å tro at det vil være behov for å tilpasse infrastrukturen til autonome kjøretøy. Usikkerheten rundt implementeringshastigheten kan imidlertid føre til en høna-eller-egget problematikk med tanke på kjøretøy og nødvendig infrastruktur, slik man for eksempel ser med hydrogenkjøretøy i dag.

2.6 Norske fortrinn ved testing og utvikling av autonome kjøretøy

Norge har flere faktorer som kan gjøre landet til et attraktivt testmarked for autonome kjøretøy og tilrettelegge for at Norge tar en viktig posisjon i den videre utviklingen av autonome kjøretøy. Norge er blant annet tidlig ute med lovforslag som tilrettelegger for bruk av autonome kjøretøy og har flere testprosjekter for bruk av autonome kjøretøy i offentlig transport. Det er også mulig at den høye

elektrifiseringsraten i personbilparken kan gi synergier til utvikling av autonome kjøretøy. Videre er Norge i tet på utvikling av autonome maritime fartøy. På den annen side henger Norge etter med bruk av autonomi i T-baner og tog, har et regelverk som hindrer bildelingstjenester og har liten erfaring med bilproduksjon å spille på. Samtidig er flere land i ferd med å posisjonere seg som markedsledere innenfor ulike deler av verdikjeden for autonome kjøretøy. Fremover vil det være viktig å være tidlig ute med regelverk, støtteordninger og næringslivsklynger for å kunne sikre seg en posisjon.

I 2017 fremmet den norske regjeringen et lovforslag for utprøving av selvkjørende biler på norske veier som skal behandles i Stortinget i slutten av november 2017. Loven stiller ikke et konkret krav om at en fører skal overvåke kjøringen, men krever at det skal gjøres en konkret vurdering av hvorvidt det anses trygt å tillate utprøving uten fører for hver enkelt søknad. Dette kan gi Norge et forsprang i testing og utvikling av autonome kjøretøy ettersom flere land mangler lovverk tilpasset autonome kjøretøy eller har innført lovverk som fortsatt stiller krav til menneskelige fører i testingen. Flere testprosjekter står klare for å rulles ut på norske veier så fort lovverket er på plass. Norges stabile politiske situasjon og globale rangering som det 8. landet det er enklest å gjøre forretninger i (World Bank, 2017) gjør også landet til et attraktivt testmarked for utenlandske aktører. Norge er også med i en nyetablert høynivå-gruppe som skal fungere som bindeledd mellom ulike land og EU-kommisjonen i arbeidet med innfasing av sammenkoblede og selvkjørende kjøretøy. Dette tilrettelegger for at EU kan holdes oppdatert om utvikling i Norge samtidig som Norge kan tilpasse sine rammer til EU-regelverket.

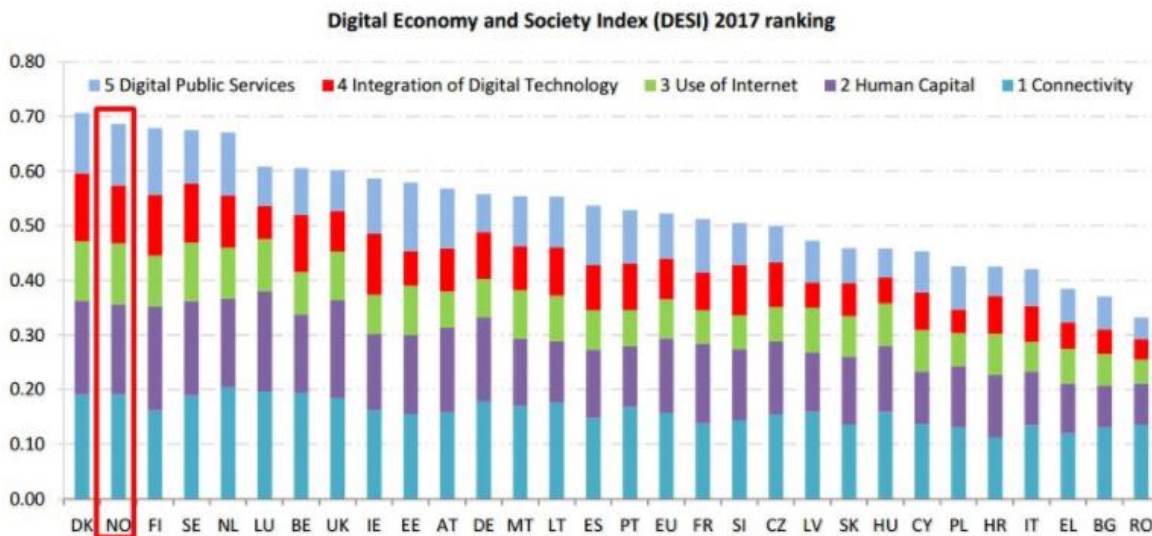
En rekke aktører satser på autonome elektriske biler og anser dette som en naturlig kombinasjon i fremtidens transportsystem. Norges personbilpark med verdens høyeste elektrifiseringsrate kan også fungere som et springbrett til testing av autonome kjøretøy. Norske aktører har sterk kompetanse og erfaring med elektrifisering av transportsystemet. Med et kraftoverskudd i overskuelig fremtid og et effektivt, fornybart og forsyningssikkert kraftsystem er Norge sterkt posisjonert til å drive elektrifisering av transportsektoren. Norge har også kommet langt i utvikling av smart teknologi.

Norge kan også ha geografiske fortrinn som testarena ved at landet har et blandet terreng og store arealer med lav befolkningstetthet, noe som gjør det mulig å bygge testanlegg. De store sesongvariasjonene gjør også at aktører vil også kunne teste selvkjørende biler i ulike værforhold og klima.

Den norske befolkningen har tilgang på internett og tar raskt i bruk digitale tjenester

Norge ligger langt fremme på utvikling og bruk av digitale tjenester. I følge DESI (The Digital Economy and Society Index, 2017) ligger Norge på andre plass i bruk av digitale tjenester i offentlig sektor i Europa. Danmark er vurdert til å ligge lengst fremme. Indeksen viser også at norske bedrifter anvender ny teknologi i større grad enn resten av Europa, og vi har bedre 4G og bredbånds-utbredelse sammenliknet med andre land. 100 prosent av alle husstander har tilgang til 4G i Norge, mens gjennomsnittet i EU28 er 86 prosent (tall fra 2015).

Den gode tilgangen til teknologi, gjennom godt utbygget infrastruktur og næringslivet og befolkningens vilje til å benytte teknologi, gir Norge et fortrinn. For eksempel bruker 96 prosent av alle innbyggere internett regelmessig i Norge mens snittet i EU28 er 76 prosent. Et annet eksempel er at 94 prosent av befolkningen betaler regninger online, noe bare 59 prosent i EU gjør.

Figur 17: Rangering mellom land basert på digital score

Kilde: DESI, 2017

Arbeidet med neste generasjons mobilnett pågår, og både Telenor og Telia arbeider med å være først ute i Norden. 5G-teknologien vil gi vesentlig bedre responstid og kan dermed brukes i transportøyemed for f.eks. *platooning* av lastebiler på veien. Hastigheten ved 5G kan være så mye som 500-700 ganger så rask som dagens 4G, og kan dermed sikre hurtig overføring av trafikksignaler og øke sikkerheten i samvirkende transport. Kapasiteten i 5G-nettet vil også være vesentlig høyere enn i dagens mobilnett og kan håndtere mange brukere/utstyr samtidig. 5G-nettet forventes å være et viktig verktøy for samvirkende transport og for autonome biler. Det vil også være mulighet til å reservere ulike *kanaler* til f.eks. selvkjørende biler.

Ved å være ledende på teknologiutvikling- og bruk har norsk næringsliv en mulighet til å kapitalisere på disse områdene i Norge og internasjonalt. Norge kan fungere godt som et testmarked for autonome og andre digitale mobilitetsløsninger.

For at Norge skal kunne dra full nytte av muligheten som kommer ved digitalisering av transportsektoren er det imidlertid viktig at regelverket også tilrettelegger for delingstjenester. En rekke av forretningsmodellene som har blitt foreslått for selvkjørende kjøretøy bygger på delingstjenester og kollektivt eierskap. Samtidig ligger Norge godt an til å ta i bruk autonome kjøretøy i offentlig transport da vi i flere deler av landet har et godt utbygd kollektivnett som brukes i stor grad av alle samfunnsklasser.

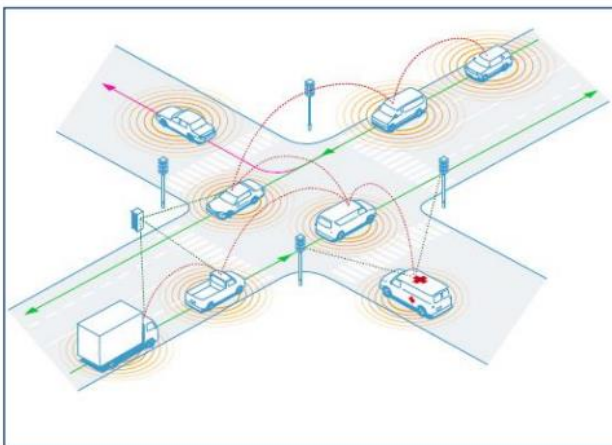
3 SAMVIRKENDE ITS

I følge EU vil samvirkende ITS, kjøretøy som kommuniserer med hverandre og med infrastrukturen, være en realitet på europeiske veier innen 2019. Implementering skjer stegvis og det finnes allerede ITS-korridorer i Europa. Full implementering er forventet rundt 2040. Samvirkende ITS vil kunne gi mange fordeler, som for eksempel redusert reisetid, økt trafikksikkerhet og reduksjon av drivstofforbruk. Smart mobilitet er også en viktig del av smarte byer. Den viktigste barrieren implementering av samvirkende ITS står ovenfor er samhandling, ettersom det er nødvendig at standardene som utvikles i dag harmoniseres internasjonalt. Norge ligger langt fremme på bruk av digitale tjenester. I Troms skal samvirkende ITS testes. Norge burde dermed ha en mulighet til å ta en posisjon på samvirkende ITS, spesielt under krevende, arktiske forhold.

3.1 Hvorfor ITS?

Teknisk utvikling har gjort det lettere å samle inn data, behandle disse og sette dem sammen på en måte som gir nytteverdi. Et aktuelt bruksområde er samvirkende intelligente transportsystemer (ITS). Samvirkende ITS innebærer at kjøretøy benytter datautveksling til å kommunisere med andre kjøretøy og trafikanter, og at kjøretøyene kommuniserer med infrastrukturen de navigerer i. Dette er illustrert i Figur 18. Samvirkende ITS er ikke begrenset til persontransport, men omfatter også godstransport, kollektivtransport og andre kjøretøygrupper.

Figur 18: Interaksjoner i et samvirkende ITS-system



Kilde: C-ITS Platform, 2016

Ideen om kommunikasjon mellom kjøretøy og infrastruktur er ikke ny. Under det EU-finansierte trafikksikkerhetsprosjektet *DRIVE*, i Sverige fra 1989-1995, inngikk det allerede spørsmål om denne typen løsninger. I dag testes samvirkende ITS mange steder og flere pilotprosjekter er planlagt. Hvordan samvirkende ITS fungerer rent teknisk er forklart i boksen under.

Hvordan fungerer samvirkende ITS?

Implementering av samvirkende ITS krever kjøretøy som er utstyrt med kommunikasjons-teknologi, vegkantbaserte kommunikasjonsløsninger, back-end databehandlingskapasitet og tjenesteleveranser (Statens vegvesen, 2016). Tilpassede posisjonerings- og navigerings-systemer er nødvendig. Disse går under betegnelsen *geografiske informasjonssystemer* (GIS), og muliggjør utnyttelse av geografiske data. GIS må samhandles med *byggningsinformasjons-modeller* (BIM).

Når dette er på plass kan kjøretøy kommunisere med andre kjøretøy ved at hvert objekt sender ut informasjon om egen posisjon og mottar informasjon om andre objekters posisjon. Informasjonen omfatter type objekt, lengde- og breddegrad, retning og hastighet. Objektene omfatter kjøretøy, fotgjengere, syklist, hunder osv. Denne kommunikasjonsutvekslingen muliggjør at farlige situasjoner oppdages og unngås. Eksempler er kollisjonsfare og utrykningskjøretøy som nærmer seg.

Kommunikasjon mellom kjøretøy og infrastruktur inkluderer både vegkant-basert utstyr og myndigheter, inkludert eksempelvis trafikklys og -skilt. Videre kan myndighetene sende ut spesielle varsler om værforhold. Denne kommunikasjonen kan også gå motsatt veg, altså fra kjøretøyet til myndighetene, dersom et kjøretøy opplever uventede dårlige kjøreforhold. I tillegg kan det utvikles egendefinerte meldingspakker som kan brukes lokalt ved eksempelvis piggdekkavgift, sonekontroll osv. (Elnes, 2017).

3.1.1 Nytt av samvirkende ITS

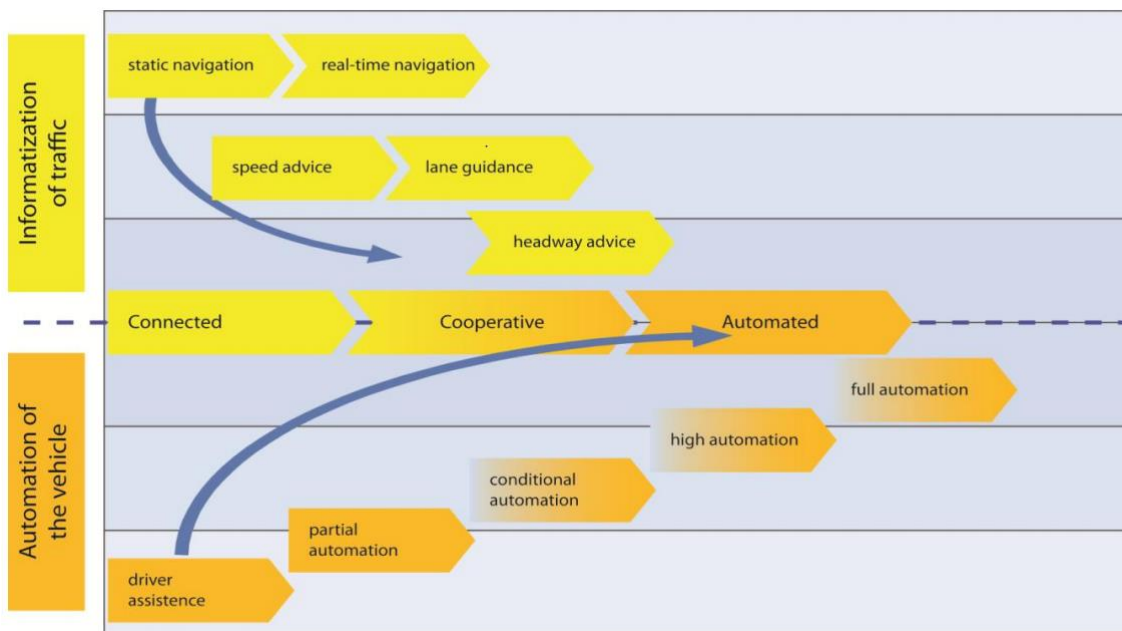
Samvirkende ITS vil bedre utnyttelsen av transportsystemet. Implementeringen vil ha konsekvenser innen mange elementer:

- *Klima.* Optimalisert kjøring reduserer utslipp, for eksempel gjennom å minimere unødvendige stopp i kjøringen. Optimalisert kjøring vil også redusere drivstoffkostnader og tidsbruk.
- *Infrastruktur.* Optimalisert kjøring vil redusere behovet for utvidelse av veiinfrastrukturen. Ved full implementering av samvirkende ITS er behovet for trafikkskilt, bomstasjoner, veistasjoner og annen signalinfrastruktur eliminert (Elnes, 2017).
- *Urbaniseringsproblemer.* Samvirkende ITS vil gi beskjed om omkjøringsmuligheter ved kø, og kan gi overordnet ruting av trafikanter inn på andre veier eller transportformer (tog, T-bane, buss eller trikk).
- *Trafikksikkerhet.* Når kjøretøy kan kommunisere med hverandre kan et kjøretøy f.eks. få informasjon om at det nærmer seg et stillestående kjøretøy rundt neste sving. Trafikksikkerhet er også knyttet til informasjon om vær- og kjøreforhold. Dersom et kjøretøy oppdager uventede glatte veier kan kjøretøyet sende informasjon både til kjøretøyene som kommer bak, men også til vegtrafikksentralen som kan sende ut generelle varsler.
- *Komfort.* Samvirkende ITS forventes å redusere reisetiden og køkjøring. I tillegg vil man se utvikling i underholdningstjenester som følge at kjøretøyet er tilknyttet internett.
- *Mobilitetstjenester.* Ved *Mobility as a Service*-tjenester kan samvirkende ITS gi sanntidsoppdateringer av hvor lang reisetiden vil bli med de ulike mobilitetsalternativene.
- *Konkurransedyktighet/forretningsmuligheter.* Det ligger forretningsmuligheter i å være tidlig ute med å utvikle nødvendige tekniske løsninger som kreves for samvirkende ITS. Videre kan aktører som tar i bruk løsningene ha et konkurransefortrinn ovenfor aktører. Et eksempel er sanntidslevering i tungtransporten.

3.1.2 Samvirkende ITS må ses i sammenheng med autonome kjøretøy

Samvirkende ITS må ses i sammenheng med utvikling av autonome kjøretøy. I startfasen vil autonome kjøretøy utvikles «på egen hånd», men for å nå de høyeste nivåene av automasjon er samvirkende ITS-løsninger nødvendig. Amsterdamerklæringen legger til grunn at på mellomlang til lang sikt vil funksjoner innen automatisert kjøring øke ved hjelp av samvirkende ITS. Dette er illustrert i Figur 19.

Figur 19: Samvirkende ITS og autonome kjøretøy



Kilde: Declaration of Amsterdam, 2016

3.2 Status: Implementering av samvirkende ITS

3.2.1 Learning-by-experience tilnærming

Samvirkende ITS og autonomisering av kjøring utvikles i Europa gjennom en *learning-by-experience* tilnærming. Kompetanse og erfaring tilegnes ved å implementere ITS-korridorer, utvikle smarte autopilotsystemer og *platooning*. Platooning er en løsning hvor kjøretøy i en flåte kommuniserer med hverandre, og dermed klarer å kjøre tett etter hverandre i samme kjørefelt uten at det er fare for sikkerheten. Slik kjøring reduserer bruk av drivstoff, som både er positivt for kostnader og for klimagassutslipp.

I EU gjennomføres pilotprosjekter for ITS fra 2016-2020. Pilotprosjektene har et budsjett på 97,8 millioner euro. Landene hvor pilotprosjektene gjennomføres er Østerrike, Belgia, Tsjekkia, Frankrike, Nederland, Slovenia og Storbritannia.

Fra Østerrike, gjennom Tyskland, til Nederland er det satt opp en samvirkende ITS-korridor for testing under faktiske forhold. Den tyske delen startet opp i 2016 og forventer å implementere samvirkende ITS for fullt i 2018 (Cooperative ITS Corridor, n.d.).

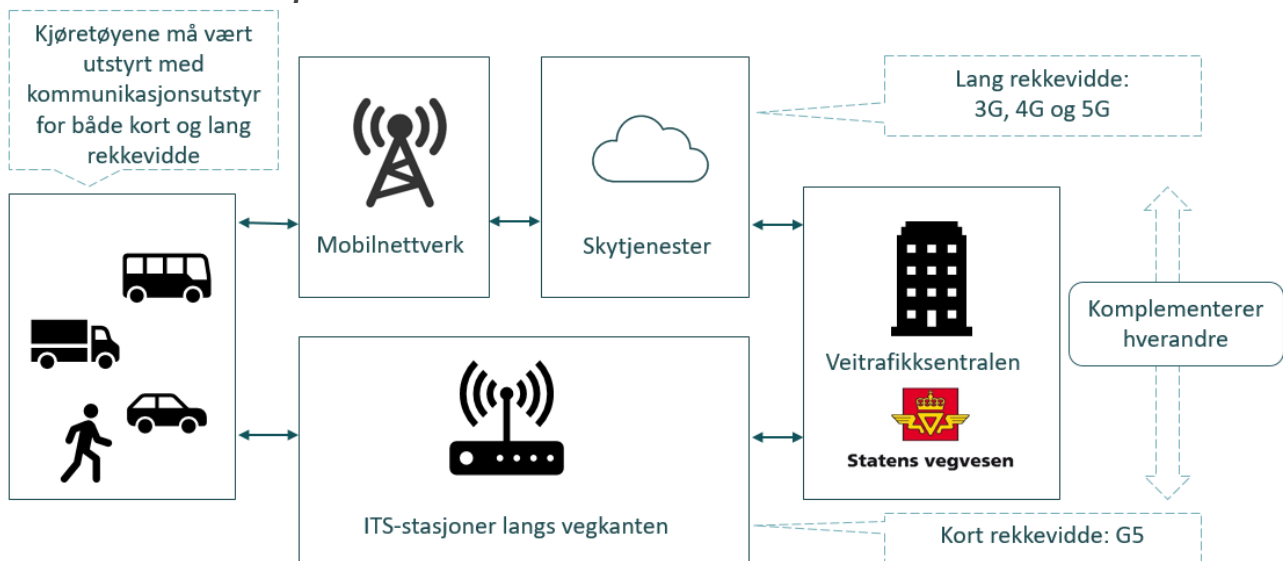
3.2.2 Implementering av samvirkende ITS i EU

I september 2017 publiserte EU-kommisjonen rapporten *C-ITS Platform*. I følge denne rapporten vil EUs veier være klare for å implementere samvirkende ITS i 2019 (EU-kommisjonen, 2017). Dette innebærer at løsningene EU kaller *day 1 services* må være på plass. Disse løsningene inkluderer varsler om potensielle farlige situasjoner og skilt. Farlige situasjoner kan skapes av saktegående eller stillestående kjøretøy, veiarbeid, værforhold, nødbremslys, utrykningskjøretøy osv. Skilt

inkluderer blant annet innebygde dynamiske skilt i kjøretøy, innebygget fartsgrenser i kjøretøy og informasjon om grønt lys som optimerer kjørehastighet. Andre løsninger vil ikke være tilgjengelig fra 2019, men komme etter hvert. Disse løsningene inkluderer eksempelvis informasjon om lokasjon av fyllestasjoner av drivstoff, løsninger som beskytter sårbare trafikanter, informasjon om parkering og smart ruting av trafikk. Løsningene har fått navnet *day 1.5 services* (EU-kommisjonen, 2016). I kapittel 3.5 omtaler vi videre ulike aktørers syn på implementeringshastighet av samvirkende ITS.

Figur 20 illustrerer kommunikasjonsløsningen EU har gått inn for.¹ En hybrid kommunikasjonsform vil brukes, hvor mobilnett med lang rekkevidde (3G, 4G og 5G) og G5 med kort rekkevidde komplementerer hverandre (C-Roads, 2017 a&b).

Figur 20: Samvirkende ITS-løsningene vil bruke kommunikasjon med kort og lang rekkevidde som komplementerer hverandre



Kilde: C-Roads, 2017b.

3.2.3 Pilotprosjekter i Norge

Norge har inngått en avtale med resten av EU om storskala testing og demonstrasjon av samvirkende og automatisert kjøring. Det skal dermed i Norge gjennomføres pilotprosjekter fra 2018-2023. Pilotprosjektene har et budsjett på 450 millioner kroner, som også inkluderer automatiserte transporter og nødvendig standardiseringsarbeid. Norges veinett har krevende forhold relatert til klima, geografi, topografi og vegstandard.

På nettstedet www.reisetider.no, drevet av Statens vegvesen, brukes AutoPASS-brikker til å registrere trafikkavvikling på noen strekninger i Trondheim, Bergen, Stavanger, Oslo og Østlandsområdet. Nettstedet gir informasjon om kø ved strekningene, som er inndelt i *noe forsinkelse* og *stor forsinkelse* (Statens vegvesen, n.d.).

I prosjektet *E18 Aurora-Borealis* skal samvirkende ITS testes i arktisk klima, i strekningen Skibotn i Troms til Kolari i Finland. Prosjektet skal fokusere på varsling av vær, føre og trafikkhendelser, og er nærmere utdypet i boksen under.

¹ EUs C-Roads har også bestemt radiofrekvens. Mer info finnes her: https://www.c-roads.eu/fileadmin/user_upload/media/Dokumente/C-Roads_Position_paper_on_59GHz_final.pdf

ITS-pilotprosjektet, Aurora Borealis, er et samarbeidprosjekt mellom Norge og Finland

Samvirkende ITS skal testes i Norge gjennom pilotprosjektet Aurora Borealis som er et samarbeidsprosjekt mellom Norge og Finland. Strekningen i Norge går fra Skibotn i Troms til grensen til Finland, og går under navnet Borealis. Strekningen i Finland går fra grensen til Norge til Kolari, og går under navnet Aurora.

Lakseprodusentene i Nord-Norge er avhengig av å få laksen raskt ut til markedet når den fremdeles er fersk. Den verdifulle lasten sendes med lastebiler på den aktuelle strekningen for pilotprosjektet daglig. Veien er ofte stengt på grunn av dårlig vær og lastebilene kjører seg fast. Dersom veien er stengt kan det lønne seg å utsette slaktingen.

I prosjektet utføres det en såkalt innovativ offentlig anskaffelse, som innebærer at innkjøper er i dialog med markedet, altså de mulige leverandørene, før tilbudet utlyses til potensielle teknologitilbydere. På denne måten kan innkjøper informere markedet om sitt behov og finne den beste løsningen, i stedet for å etterspørre en «utdatert» løsning.

I dag jobbes det med å velge ut leverandører som skal komme videre i prosjektet og utvikle prototyper for sine løsninger. Aktuelle løsninger er sensorer som måler temperatur osv. Løsninger som gir informasjon om at kjøretøy står fast i sanntid er også verdifullt.

Problemene med veiene i dette området er problemer som går igjen mange steder i Norge. Det er ikke bare i Nord-Norge at lakseprodusentene har slike utfordringer, men også eksempelvis på Vestlandet. Løsningene som utarbeides i dette prosjektet kan også brukes andre steder i landet. Innkjøperne går også inn for at leverandørene kan selge løsningene til andre aktører, som inkluderer internasjonale aktører.

Løsningene kan komme til å bruke teknologi fra andre bransjer enn vei. Et eksempel er akustisk fiber som har blitt brukt i oljebransjen ved å legge det rundt borerør. Teknikken går ut på å benytte endringer i lys og bølgelengde for å oppdage unormalheter. En billig versjon av teknikken kan brukes i transportbransjen, hvor akustisk fiber legges i asfalten for å avdekke om lastebiler spinner eller stopper.

3.2.4 Hva skjer utenfor Europa

World Congress on ITS arrangeres av den europeiske organisasjonen ERTICO, ITS America og ITS Japan (organisasjonen som representerer Asia-Pacific regionen). Arrangementet er et forum for å promotere internasjonalt samarbeid.

I USA skal det gjennomføres C-ITS piloter i New York, Tampa (Florida) og Wyoming. Prosjektene er finansiert av USAs transportdepartement og inngår i en nasjonal strategi om å implementere, teste og operasjonalisere smart transportteknologi. Pilotene settes i gang i 2017 og 2018.

Pilotprosjektet i Tampa vil utstyre 1600 privatbiler, 10 busser og 10 trikker med nødvendig utstyr, i tillegg til 40 vegkantbaserte ITS-enheter langs de mest trafikkerte veiene. Minst 500 fotgjengere vil være involvert. Prosjektet er forventet å bedre byers utfordringer knyttet til køer og ulykker (USDOT, n.d.,a).

I Wyoming skal 75 vegkantenheter settes ut og 400 kjøretøy, både små og store, skal utstyres med nødvendig utstyr. På strekningen er det mye både person- og godstransport og regelmessige ulykker. Et hovedmål med pilotprosjektet er derfor å teste både kommunikasjon mellom kjøretøy og mellom kjøretøy og infrastruktur for å redusere antall sammenstøt (USDOT, n.d.,b).

Også i New York City er trafikkulykker et stort problem, hvorav 94 prosent skjer på grunn av menneskelig svikt. I mange av disse ulykkene blir forgjengere involvert. 8 000 kjøretøy skal utstyres med nødvendig utstyr. Prosjektet fokuserer på kjøretøy i flåter, som f.eks. UPS. Veier på både på Manhattan og i Brooklyn vil utstyres med nødvendig vegkantutstyr. Pilotprosjektet har som mål å forbedre sikkerheten til trafikanter og fotgjengere (USDOT, n.d.,c).

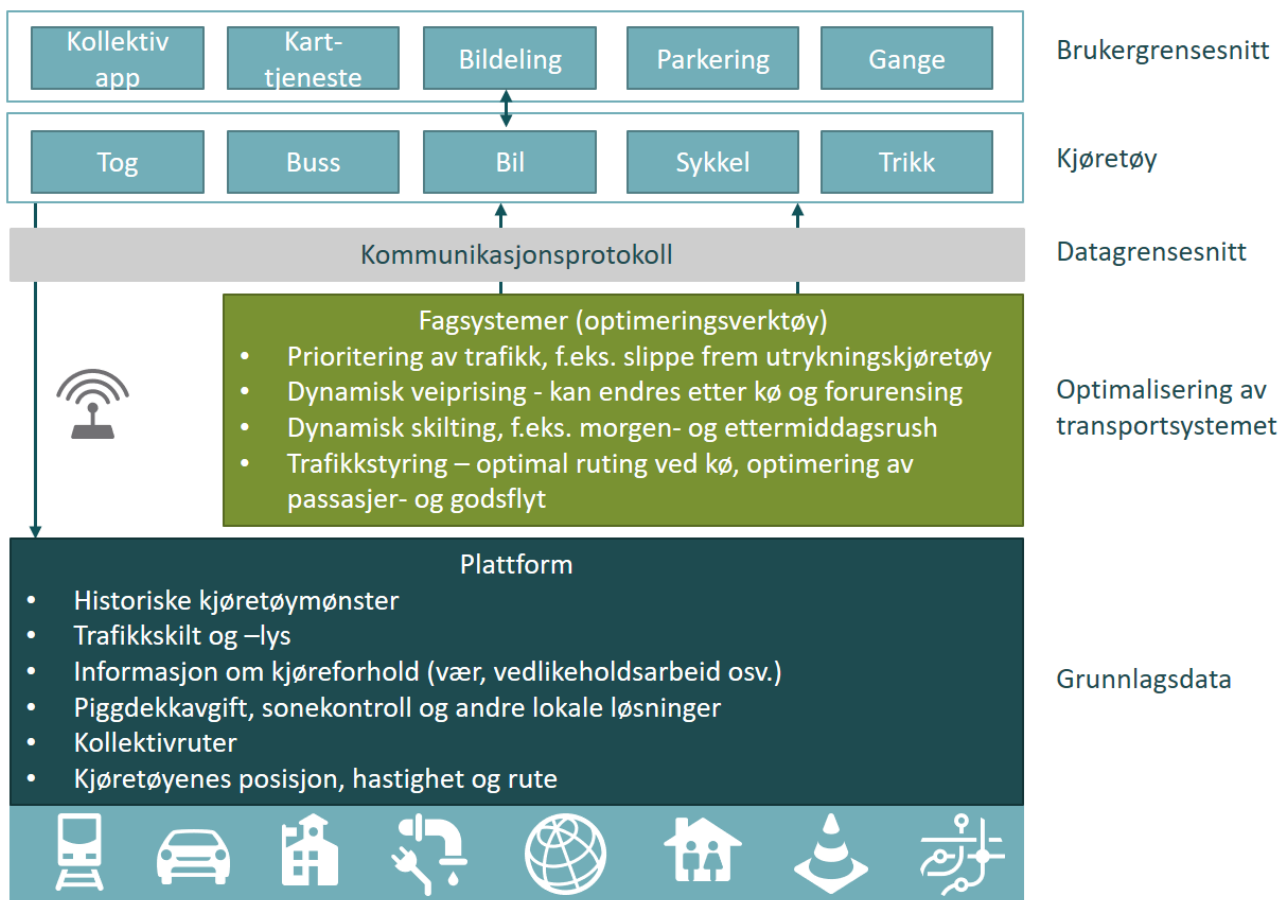
3.3 Smart mobilitet er nødvendig for smarte byer

Verdenskongressen for ITS trekker frem løsninger for smarte byer i Montréal (Canada), Columbus (US), Christchurch (New Zealand), København og Singapore. Aktuelle løsninger omhandler trafikkstyring, veier, jernbane, parkering, sykkeldeling, transit, informasjon for reisende, samvirkende og autonome kjøretøy, integrert mobilitet, kunstig intelligens osv. (ITS World Congress, 2017).

Plattform for smart mobilitet i en smart by

En økende andel av jordens befolkning bor i byer, noe som sammen med en økende befolkning generelt skaper et behov for smarte byer. For å oppnå smarte byer trengs smart mobilitet. I Figur 21 illustreres en generisk skisse av systemløsning som er nødvendig for smart mobilitet, hvor ITS-løsninger er en del av bildet.

Figur 21: Plattform for smart mobilitet i en smart by



Brukerne av transportsystemet får informasjon, planlegger og bestiller reiser online ved hjelp av f.eks. en eller flere apper på mobiltelefonen. Løsningene og tjenestene leveres av markedet (operatør/tilbydere). For at disse skal fungere optimalt og på tvers av transportformer er det behov for at informasjon om tjenester, kjøremønstre osv. er tilgjengelig. Disse dataene hentes fra flere kilder som er gjort tilgjengelige for tjenesteleverandører gjennom sentrale register, som igjen bruker disse til å tilby sluttbrukerne en tjeneste.

Disse dataene sammen med data om kjøreforhold, vedlikehold, kødannelser, posisjonering av de ulike kjøretøyene, parkeringsplasser, bygninger, veidata osv. er «samlet» i grunnlagsdata. En sentral enhet (transportmyndighet) har da mulighet til å optimalisere transportsystemet gjennom endringer av fartsgrenser, omruting av trafikk, prioritering av trafikk og f.eks. forslå endret reiserute med annet transportmiddel. Ansvar for at slike data blir samlet og tilgjengeliggjort på en måte som gir nytte, samtidig som personvern og sikkerhet håndteres, bør ligge på det offentlige. Å tilrettelegge

for at nødvendige data gjøres tilgjengelig for optimalisering av transportsystemet, type format og regulering av disse dataene må være et offentlig ansvar. Alternativet kan være at noen aktører som er tidlig ute skaffer seg en konkurransefordel ved å kontrollere denne informasjonen. Dette kan begrense nytten for samfunnet, som er tjent med mest mulig tilgjengelig og åpen informasjonsdeling.

Smarte byer i Norge

Det finnes ambisjoner om smarte byer også i Norge, f.eks. i Bodø der det skal bygges ny flyplass. Regionen ser på prosjektet som «*en mulighet til å planlegge, bygge og utvikle en ny, smart, kompakt og miljøvennlig fremtidsby i nordområdene*». I prosjektet, som har fått navnet *Ny by, ny flyplass i Bodø*, planlegges det blant annet å ta i bruk smart transportteknologi, noe som innebærer utvikling, testing og bruk av samvirkende ITS (Bodø kommune, n.d.).

3.4 Forutsetninger for implementering av samvirkende ITS

Implementering av samvirkende ITS krever at mange elementer er på plass. Disse kan deles i juridiske avklaringer, nødvendig infrastruktur (fysisk og digital), involvering av nødvendige aktører og annet, og gjennomgås i dette kapittelet.

Bruk av storskala tester kan bidra til å videreutvikle mange av disse elementene. Slike tester kan bidra til å utvikle teknologien etter erfaringene som gjøres. Testene kan øke folks forståelse og aksept når man ser hvordan det fungerer. Tester kan også bidra til å utvikle samarbeidet mellom de ulike aktørene som må involveres. Forskning og utvikling er også nødvendig for å utvikle nye tjenester, sensorinformasjon og posisjonering.

3.4.1 Juridiske avklaringer

Standardisering

Samvirkende ITS krever standardiseringer og harmonisering mellom disse på internasjonalt (helst globalt) nivå, både for tekniske løsninger og juridisk. Det er nødvendig å utvikle standardiseringer av ITS, GIS og BIM, samt harmonisering mellom disse. Det er avgjørende at systemene utvikles slik at man sikrer interoperabilitet innad og mellom områder (Hovland, 2017). Standarden som skal til for implementering av mange viktige løsninger innen samvirkende ITS er laget og implementering pågår. Utstyrsleverandører langs veier, bilprodusenter, myndigheter må akseptere denne standarden (Hovland, 2017). Harmonisering av standarder foregår i dag mellom EU, USA og Japan, men det forventes å ta tid ettersom bilmodeller er globale.

Ansvarsfordeling

Det er viktig å få på plass en god ansvarsfordeling mellom privat sektor og myndighetene. I Nasjonal transportplan 2018-2029 går Statens vegvesen inn for en nasjonal satsning på samvirkende ITS. Dette innebærer at det offentlige må ta ansvar for både utbygging av nødvendig infrastruktur, både fysisk og digitalt. Dette kan imidlertid gjøres i samarbeid med aktører i privat sektor.

I Statens vegvesens (SVV) veikart for samvirkende ITS har de gjort seg noen tanker rundt hva deres rolle skal bli. Spennet i det mulige offentlige ambisjonsnivået er illustrert i Figur 22. De fargede feltene viser at SVV ønsker å gå inn for et middels til høyt ambisjonsnivå. Når det gjelder ansvar (og eierskap) for nødvendig infrastruktur og databehandling, legger SVV opp til et samarbeid med private aktører. Et satsningsområde er å bygge opp ITS-kompetanse på internasjonalt nivå relatert til krevende vinterforhold og lavtrafikkerte hovedveier.

Figur 22: Muligheter for offentlig ambisjonsnivå ved samvirkende ITS

Amb. nivå	Ansvar og eierskap C-ITS Infrastruktur	Ansvar for databehandling	Rolle ift. tjenester	Deltakelse i Internasjonale fora	Oppbygging av egen kompetanse
0	Ingen ansvar for utbygging av digital infrastruktur for C-ITS (Vegkant-stasjoner og kabling)	Kun egne data	Kun ansvar for dagens basis trafikkstyrings- og informasjons-tjenester	Kun deltakelse i lovpålagte fora	Videreføring av dagens kompetanse-nivå
1	Ansvar og eierskap for infrastruktur på et fåtall strekninger og punkter	Sammenstilling og forvaltning av integrert tilgangspunkt for transport-relaterte data	Stimulere og legge til rette for utvikling av eksterne tjenester	Begrenset deltakelse i relevante fora	Bygge opp (spiss-) kompetanse i Vegdirektoratet i tråd med utviklingen
2	Som nivå 1, og i tillegg på en betydelig del av det høytrafikkerte statlige vegnettet	Samarbeid og ansvarsdeling med eksterne leverandører av skytjenester og analyseverktøy	Påvirke, stille krav til og samarbeide om tjenester fra tredjepart	Aktiv deltakelse for kunnskaps-innhenting	Bygge opp kompetanse i hele Statens vegvesen i tråd med utviklingen
3	Som nivå 2, og i tillegg stort ansvar for digital infrastruktur i de største byområdene	Ledende rolle for databehandlingen og analyseverktøy i samspill med eksterne	Som nivå 2, og i tillegg eget ansvar for et fåtall særlig samfunnsnyttige tjenester	Aktiv og påvirkende rolle i relevante fora	Bygge opp ledende kompetanse på internasjonalt nivå på prioriterte områder, f.eks vinterforhold og lavtrafikkert hovedveg
4	Stort ansvar for digital infrastruktur langs hele det statlige vegnettet	Fullt ansvar for hele verdikjeden for data fra bil til sentral-systemer og ut igjen	Stor egen tjenesteportefølje for å sikre bred samfunnsnytte	Ledende posisjon internasjonalt i utviklingen av C-ITS	Bygge opp ledende kompetanse på internasjonalt nivå på de fleste områder av C-ITS

Kilde: Statens vegvesen, 2016

Som forklart i kapittel 3.2.1 har EU gått inn for kommunikasjon med kort og lang rekkevidde som komplementerer hverandre. Det finnes mange muligheter når det gjelder utvikling og eierskap av teknisk utstyr nødvendig for kommunikasjonen som skal skje med kort rekkevidde.² Noen eksempler er kollektivselskaper (hovedsakelig eid av fylkeskommuner i Norge), kommuner eller privat (f.eks. Telenor). Utstyret kan enten ettermonteres i kjøretøy eller kan bygges integrert i kjøretøyet. For kommunikasjon med lang rekkevidde kan trafikanter bruke sin mobiltelefon med en app. Dataserverne kan leveres/eies av selskaper som Microsoft, Google eller Amazon. Mobilnettet (3G, 4G, 5G) leveres av aktører som Telia og Telenor.

Hovedsakelig er det samfunnet som helhet som vil tjene på implementering av samvirkende ITS. Utbygging av nødvendig fysisk og digital infrastruktur er en like viktig oppgave som å bygge vei og bør derfor prioriteres av det offentlige.

Uenighet om data

Den raske og omfattende teknologiske utvikling innen transportsektoren fremover vil i stor grad forutsette innsamling og bruk av data om individuelle bruksmønstre og transportbehov. Det skjer allerede i dag en omfattende registrering av reiser med de fleste type transportmidler, som fly, tog, buss, bane, ferje og bil, via elektroniske løsninger som e-billettering, automatiske bomstasjoner og ulike former for skiltavlesning. Utviklingen av intelligente transportsystemer gir ytterligere utfordringer for personvernet.

Et sentralt tema blir derfor eierskap og åpenhet av data fra trafikken, og det trengs god regulering, samtidig som det sikres tilgang til informasjon som muliggjør gode og nyttige tjenester. Erfaringer fra

² ITS-G5/LTE radioer

andre sektorer, er at denne type data har stor verdi i seg selv, og at dataeierne er vinnerne i den digitale økonomien.

Ved spørsmålet om eierskap av data er det foreløpig ingen enighet mellom bilprodusenter og andre aktører, som f.eks. tjenesteleverandører. Det er nødvendig å klargjøre hvordan data skal tilgjengeliggjøres, hvem som skal forvalte data, hvem som skal eie data i tillegg til nødvendige tekniske løsninger og lovgivning. Vi kommer tilbake til dette i kapittel 4.4.1.

3.4.2 Nødvendig infrastruktur

Utbygging av både fysisk og digital infrastruktur er nødvendig for implementering av samvirkende ITS. Den fysiske infrastrukturen inkluderer hovedsakelig ITS-stasjonene langs vegkanten og det nødvendige utstyret i kjøretøyene. Denne teknologien må være utprøvd og moden. I tillegg må den digitale kommunikasjonsplattformen være på plass.

En av hovedutfordringene med implementeringen av samvirkende ITS er mellomfasen hvor bare en del av kjøretøyene og veiene er tilrettelagt med nødvendig utstyr. I denne perioden trengs det både høyteknologisk utbygging, i tillegg til tradisjonell veibygging.

3.4.3 Involvering av nødvendige aktører

Full implementering av samvirkende ITS har sluttbrukere med nødvendig utstyr og fysisk og digital infrastruktur. Dette krever at både myndighetene, private aktører og trafikanter involveres.

De private aktørene inkluderer bilfabrikanter, utstørsleverandører og tjenesteytere. Offentlige myndigheter inkluderer veimyndigheter, veioperatører, byer og fylker og vegtrafikksentraler. Mulige barrierer for involvering omtales i kapittel 3.6.

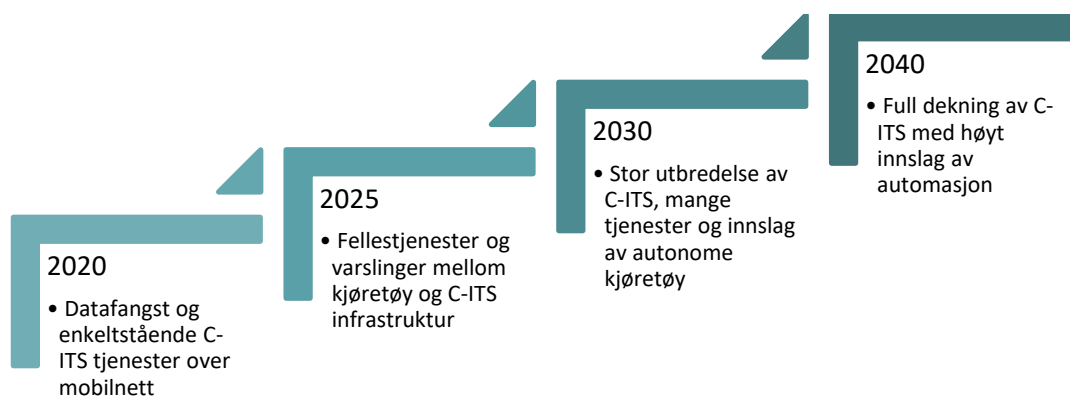
3.5 Framtidsutsikter for samvirkende ITS

Implementeringshastighet

Flere aktører har et syn på implementeringshastigheten av samvirkende ITS. Som beskrevet tidligere anslår EU at man i 2019 vil ha på plass noen viktige løsninger som gjør at kjøretøy kan ta i bruk samvirkende ITS. Flere løsninger vil komme senere. Tidspunktet for full implementering av samvirkende ITS vil avhenge mye av hastigheten på standardiseringsarbeidet og harmonisering av dette mellom verdensdeler.

Statens vegvesen har satt opp et veikart som viser implementeringen fra i dag til full dekning, som forventes i 2040. Dette er illustrert i Figur 23.

Figur 23: Statens vegvesens veikart for implementering av samvirkende ITS

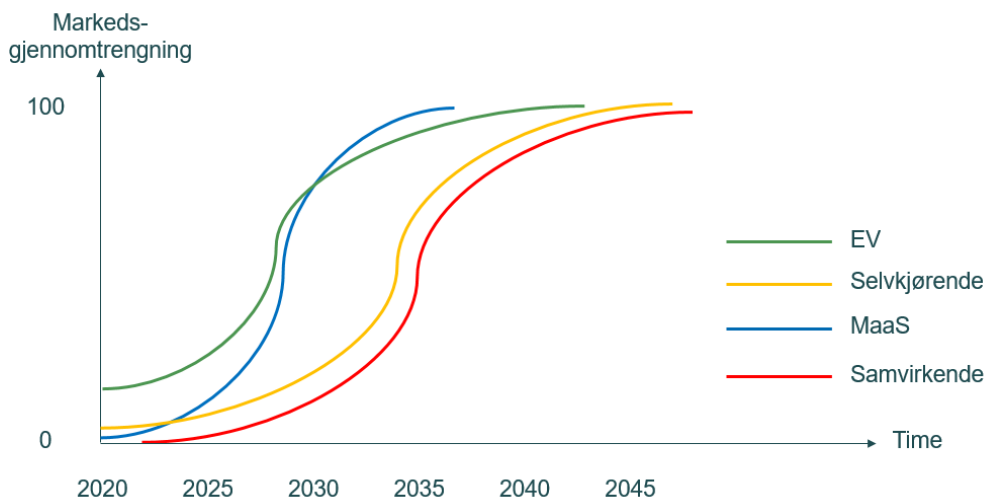


Kilde: Statens vegvesens veikart, 2016

Når kommer samvirkende ITS i forhold til annen smart transportteknologi?

Som forklart er samvirkende ITS og annen ny teknologi innen transport, som autonome kjøretøy, tett knyttet sammen. Figur 24 viser at markedsgjennomtrengningen av samvirkende ITS følger tett bak selvkjørende biler med et lite tidsetterslep.

Figur 24: Markedsgjennomtrengning for samvirkende ITS og annen smart transportteknologi



Kilde: Hovland, 2017 (ITS Norge)

I følge ITS Norge kommer samvirkende ITS senere enn autonome kjøretøy på grunn av tidkrevende standardiseringer. På sikt vil de ulike smarte teknologiløsningene konvergere.

3.6 Drivere og barrierer for implementering av samvirkende ITS

Drivere

En åpenbar driver til løsningene som går under samvirkende ITS er at den tekniske utviklingen muliggjør dem. Det er imidlertid viktig å huske at implementeringen av smarte teknologiløsninger drives av behov som skal dekkes, ikke bare teknisk tilgjengelighet.

Et godt eksempel på dette er driveren bak pilotprosjektet i Troms hvor lakseprodusentene er avhengig av informasjon om veiforholdene for å kunne frakte laksen ut i markedet før den blir for gammel, som beskrevet tidligere. Samfunnet har store utfordringer i transportsektoren knyttet til klimagassutslipp, urbaniseringsproblemer og kostnadsnivå. Antall ulykker har gått mye ned de siste tiårene men uten ny teknologi er det marginale muligheter for å redusere ulykkesnivået ytterligere.

Barrierer

Juridiske avklaringer, fysisk og digital infrastruktur og involvering av nødvendige aktører er, som forklart i kapittel 3.4 nødvendig for implementering av samvirkende ITS. Hvert av disse elementene kan hindres av tilknyttede barrierer.

Harmonisering av standarder er helt avgjørende for implementering av samvirkende ITS. For å få til denne harmoniseringen er det helt nødvendig med god samhandling. Dette er den største faktoren når det gjelder elementer som kan sinke implementeringen av samvirkende ITS.

Det er flere ting som kan hindre at de nødvendige aktørene involveres. Av løsninger som ikke er et offentlig ansvar kan manglende bedriftsøkonomisk lønnsomhet være en barriere. Dette henger sammen med antall trafikanter som ønsker å ta løsningene i bruk.

Manglende tillitt til at personvern blir overholdt er en mulig barriere til at sluttbrukere ønsker å ta i bruk løsningene. Dette kan skje uavhengig av om de nødvendige juridiske avklaringene er på plass eller ikke.

Ettersom det er avgjørende å få med både private og offentlige myndigheter er det viktig at det offentlige inkluderer private bedrifter i sin satsning på samvirkende ITS.

3.7 Norske fortrinn ved utvikling av samvirkende ITS

Det er flere elementer som peker på at Norge kan ta en posisjon på samvirkende ITS, spesielt løsninger for krevende arktisk klima.

Som forklart i kapittel 2.6 er den norske befolkningen raske til å ta i bruk ny teknologi. Dette er en viktig forutsetning for land som ønsker å utvikle samvirkende ITS-løsninger. Nye tjenester for reiseplanlegging og betaling av billetter er lansert av flere aktører. Ruters app er et eksempel på utvikling av nye tjenester på en ny teknologiplattform. I dag kjøper over 50 prosent av alle reisende hos Ruter billett ved hjelp av telefonen.

Det finnes flere selskaper i Norge som arbeider med samvirkende systemer allerede. Noen eksempler er Kongsberggruppen som utvikler fjernstyrte flytårn, B&T Signaal som tilbyr ITS-konsulenttjenester, samt Acando, Aventi og Acams. Vianova er et norsk selskap innen samferdsel som har utviklet programvarepakken Novapoint hvor de utvikler BIM-løsninger for infrastrukturprosjekter. Novapoint kommer også i en skybasert samhandlingsløsning. Videre er det sterke teknologimiljøer i bedrifter som Telenor, og Telia som kommer fra telecomsiden.

Olje- og gassnæringen har i mange år bygget opp avanserte systemer for styring, sensorbruk, overvåking og kontroll av installasjoner offshore og subsea. Dette er kompetanse som også kan brukes innen kommunikasjon og styring av transport.

For at Norge skal lykkes med å utvikle teknologi og løsninger, som igjen skaper bedrifter, arbeidsplasser og eksportmuligheter innen transport-IKT, kreves det en satsning fra private bedrifter i samarbeid med blant annet transportetatene og kommuner som kjøpere av teknologi. Teknologi for transportstyring, overvåking både langs veier, men også i byer (som en del av Smart City etablering). Det bør videre sees på om det er mulig å skape teknologiklynger rundt ITS løsninger for å skape større miljøer og tiltrekke seg kompetanse.

For å teste ut ny teknologi er det også behov for testanlegg/teststrekninger hvor forskjellige aktører kan prøve ut sine løsninger. Ettersom det skal gjennomføres pilotprosjekter i Norge med fokus på å teste under krevende forhold med arktisk klima, er dette noe Norge kan bli gode på. Statens vegvesen har i denne sammenheng uttalt at «Norge burde benyttes som testarena for bil- og utstyrsfabrikanter slik at deres løsninger kan testes under krevende forhold» (Statens vegvesen, 2016).

4 STRATEGISKE IMPLIKASJONER OG PROBLEMSTILLINGER

Nye teknologiske løsninger og tjenester vil i tiårene fremover påvirke samfunnet, næringslivet generelt og transportsektoren spesielt, gjennom endringer i behovet for og "produksjon" av transporttjenester, både for personreiser og gods. Om nettoeffekten betyr økt eller redusert etterspørsel etter veibasert transport er usikkert, dermed er det også usikkert hvordan det vil påvirke behovet for videre utbygging av hovedveinettet. Dette er et sentralt, men krevende spørsmål der ulike faktorer trekker i ulike retninger.

Den teknologiske utviklingen utløser nye utfordringer relatert til personvern og data-sikkerhet, og vil måtte innebære tilpasninger av lov- og regelverk, samt etablering av en robust og tydelig oppgave- og rolledeling mellom det offentlige og private aktører – til brukernes beste. På den annen side kan digitalisering av transportsektoren gi norsk næringsliv – som ligger langt fremme i utviklingen på mange områder – store muligheter både som testarena og grunnlag for etablering av nye forretningskonsepter med tilhørende arbeidsplasser. Smart anvendelse av digitale løsninger vil trolig også bidra til å redusere kostnadene knyttet til nybygging og vedlikehold av transportinfrastruktur, bane så vel som vei, og kanskje medføre at neste NTP-forslag har en lavere kostnadsramme enn den forrige.

4.1 Digitaliseringen vil ha stor påvirkning på transportsektoren

Digitalisering av transportsektoren, og særlig den akselererende utviklingen mot autonome kjøretøy som samvirker med intelligent infrastruktur, vil innebære betydelige endringer både for person- og varetransport. Nye teknologiske løsninger og tjenester vil påvirke behovsmønster og etterspørsel, totalt sett og miks, av de ulike transportformene for personreiser og trolig i enda større grad for varetransport.

I dette kapittelet vil vi belyse noen sannsynlige implikasjoner av denne utviklingen for samfunnet, næringslivet generelt, og transportbransjen spesielt, på et overordnet nivå.

Det vil være behov for ny kritisk infrastruktur i form av sensorer, kommunikasjonsløsninger og IKT-systemer som samler og bearbeider all data fra infrastrukturen og kjøretøyene. Dette reiser flere spørsmål rundt dataeierskap, bruk av informasjon til optimalisering av trafikkflyt og ikke minst personvern og datasikkerhet.

Norge ligger langt fremme i bruk av teknologi i det offentlige, i næringslivet og blant folk flest. Vi har flere høyteknologiske miljøer som kan ta en posisjon i den teknologiske utviklingen i transportsektoren.

4.2 Etterspørsel etter veitrafikk og behovet for investeringer i veinettet

Hvorvidt utviklingen mot autonome kjøretøy og samvirkende intelligent infrastruktur vil gi økt eller redusert behov for veiinfrastruktur, vil være avhengig av hvordan en rekke usikre faktorer vil påvirke hverandre – og om disse vil spille sammen eller mot hverandre.

En gitt forventet etterspørsel vil trolig kunne møtes med en mer begrenset fysisk infrastruktur enn i dag, grunnet mer effektiv utnyttelse av infrastrukturen med riktig bruk av ny teknologi. Sist, men ikke minst, vil teknologiske fremskritt sannsynligvis medføre at planlegging og utbygging – og ikke minst vedlikehold – kan gjøres mer rasjonelt enn i dag, og til en lavere kostnad.

4.2.1 Faktorer som kan bidra til redusert behov for ny veiinfrastruktur

Bedre utnyttelse av eksisterende infrastruktur

Kombinasjonen av kjøretøy med førerstøttesystemer, og etter hvert helt autonome kjøretøy, sammen med intelligent infrastruktur vil kunne bidra til en betydelig bedre utnyttelse av veiarealet med minst like høy trafiksikkerhet. Det skyldes dels at kjøretøyene kan "pakkes" tettere og holde en jevnere hastighet takket være sensorer som optimaliserer avstand og flyt. Videre vil mer dynamisk og intelligent ruting av kjøretøy sikre at den totale veikapasiteten blir bedre utnyttet til enhver tid og/eller frigjøres ved at trafikanter rådes til overgang til andre transportarter.

Etter en lengre overgangsfase med "blandet trafikk" med ordinære og autonome kjøretøy, er det grunn til å anta at det blir færre uønskede hendelser i trafikken som driftsstans og ulykker, som også vil gi bedret fremkommelighet og mindre behov for kapasitetsøkende tiltak i veisystemet.

Persontransport - bildeling og økt kapasitetsutnyttelse av kjøretøypark

Ulike scenarier for en fremtid med autonome kjøretøy er beskrevet i denne rapporten, men en sannsynlig utvikling vil være at kjøretøyparken i fremtiden vil bli bedre utnyttet gjennom bildeling og andre former for samkjøring. Det er en rimelig hypotese at betydningen av å eie selv blir redusert fordi fokus gradvis vil dreies mot Mobility as a Service, som tilsier at bildeling blir mer aktuelt framover.

Dette vil, alt annet likt, gi redusert behov for antall kjøretøy og bedre fremkommelighet.

Varetransport - optimalisert varedistribusjon for korte og lange transporter

Dersom markedsutviklingen tilsier, eller myndighetene legger til rette for, en god og samordnet varedistribusjon i byer og tettbebyggede områder er det grunn til å tro at transportmengden kan gå betydelig ned ved bruk av intelligente/autonome kjøretøy som følger optimaliserte kjøreruter. På denne måte reduseres «tom-kjøring» i stor grad og en mer effektiv utnyttelse av kjøretøyparken oppnås på korte transporter.

For lengre transporter kan man se for seg at for seg at platooning og bedre teknologisk tilrettelegging for samlasting også vil ta ned behovet for veiinvesteringer.

Mer effektiv overvåkning, drift og vedlikehold og lavere kostnader til nyanlegg

Intelligent infrastruktur med sensorteknologi og toveis kommunikasjon med kjøretøy vil kunne gi et vesentlig bedre utgangspunkt for å kunne overvåke status på infrastruktur; herunder vær- og kjøreforhold, slitasje og vedlikeholdsbehov. Ved mer tilstandsbasert og optimal drift- og vedlikehold av det samlede veinettet, er det grunn til å tro at de totale driftsutgiftene vil være lavere. Ved full implementering av samvirkende ITS er behovet for trafikkskilt, bomstasjoner, veistasjoner og annen signalinfrastruktur eliminert, som vil redusere kostnadsnivået ytterligere.

Bygg- og anleggsbransjen har ambisjoner om at digitalisering skal gi store gevinster innen planlegging og utbygging, som vil kunne bidra til lavere investeringskostnader knyttet til ny transportinfrastruktur.

4.2.2 Faktorer som kan bidra til økt behov for ny veiinfrastruktur

Persontransport - økt individualisering med økt transportbehov

I et scenario hvor den teknologiske utviklingen medfører at det blir lettere, enklere og billigere å benytte individuelle, autonome kjøretøy kan det tenkes at den samlede trafikkmengden vil øke – både for arbeidsreiser, men også fritidsreiser (korte og lengre) – og at reiser med et individuelt kjøretøy blir relativt sett rimeligere i forhold til kollektivtransport.

I tillegg vil man i et slikt scenario se for seg at nye kundegrupper, som i dag ikke disponerer eller har tilgang til eget kjøretøy, vil kunne få det. Vi tenker her på blant annet på barn og ungdom, eldre og

personer med ulike funksjonshemninger, samt en ikke ubetydelig andel av voksenbefolkningen som i dag ikke har førerkort.

Varetransport – fragmentering, økt netthandel og lavere transportkostnader

Det kan også tenkes et scenario med en fragmentert utvikling for netthandel og varetransport, hvor samlet trafikkmengde øker betydelig da en rekke aktører utfører parallelle transporter til samme adresse/område til samme tid i tettbebygde områder.

Tilsvarende vil teknologiutviklingen kunne medføre at de absolutte og relative kostnadene (sett i forhold til verdien av varen som transporteres) vil falle betydelig og bidra til generell økt vareetterspørsel, og dermed økt totalt transportbehov for gods.

Veinfrastruktur – behov for investering i ny teknologi og generelt bedret veistandard

Implementering av intelligent infrastruktur i deler av veinettet vil kreve betydelige engangs-investeringer i kommunikasjonsutstyr, sensorer, dynamiske skilter, osv. Dette vil over tid også kreve økte rammer til vedlikehold og fornyelse.

I tillegg må det forventes at den generelle veistandarden må heves på de deler av veinettet hvor intelligent infrastruktur skal implementeres og fungere. Det kan være snakk om utbedring av veibredde, dekke, kurvatur, kryssløsninger, osv., som er nødvendig for hel- eller delvis bruk for autonome kjøretøy. Dette er spesielt viktig dersom autonome kjøretøy skal tas i bruk for tyngre kjøretøy og langtransport.

Det er sannsynlig at i en overgangsfase, hvor kjøretøyparken er delvis autonom, at det er behov for investeringer i *tradisjonell* veiutbygging og investeringer i infrastruktur som muliggjør samvirkende transport. Resultatet er at investeringer kan gå opp i starten for å legge til rette for å ta ut gevinster i fremtiden.

Dersom man tror på en utvikling med digitalisering og rask utbredelse av autonome kjøretøy og intelligent ruting, vil man kunne legge til grunn at dagens veinett rundt de store byene har en betydelig kapasitetsbuffer og at nye investeringer ikke er like presserende. Den teknologiske utviklingen innebærer et endret transportsystem og fremover bør investeringsbeslutninger og prioritering mellom prosjekter ta hensyn til endringene som kommer.

4.3 Kritisk infrastruktur – i hovedsak et offentlig ansvar

Samvirkende ITS vil trolig innebære et paradigmeskifte for transportsektoren og fra et samfunns-perspektiv er det ønskelig at utviklingen av samvirkende ITS blir brukersentrert og at alle brukerens valgmuligheter, informasjonstilgang og transportfunksjoner er integrert i en felles og åpen løsning.

På den annen side vil vellykket implementering kreve omfattende internasjonal standardisering, samarbeid og harmonisert lovgivning. Det pågår derfor et omfattende internasjonalt arbeid og i Amsterdamdeklarasjonen er felles målsetninger og en felles strategi for automatisert kjøring og samvirkende ITS slått fast.

Det er mulig å se for seg en annen ansvars- og rolledeling enn den vi har i dag for tradisjonell transportinfrastruktur, hvor det offentlige for alle praktiske formål har eierskap og kontroll over alle kritiske komponenter bortsett fra selve kjøretøyet. Kommersielle løsninger og tjenester vil trolig få en større plass enn i dag.

Det er imidlertid avgjørende at ansvaret for grunnleggende og samfunnsviktige tjenester forblir hos myndighetene. Det gjelder i første rekke styring av trafikken, prioritering av miljøriktig transport, utnyttelse av veginfrastrukturen, trafikkregler, krav til kjøretøyer og utstyr, samt basis trafikk-informasjon.

Ansvaret for å sikre åpen og standardisert dataflyt bør være offentlig, og skje i samarbeid med myndigheter i andre europeiske land. Med dagens struktur er det naturlig at Statens vegvesen tar dette ansvaret. Veieierne, Statens vegvesen, Nye Veier, fylkene, osv., kan sørge for den nødvendige

opprustningen av veiene, gjerne i samarbeid med aktører i privat sektor og leverandører av mobilkommunikasjon, men krav må settes på nasjonalt nivå.

Selv om infrastruktur for samvirkende ITS langs vegnettet i utgangspunktet vil være et offentlig ansvar, vil det for enkelte veistrekninger (f.eks. OPS-prosjekter) og på enkeltstrekninger/privat grunn være naturlig med andre drifts- og samarbeidsmodeller. Utstyr i kjøretøyet vil naturlig være eier av kjøretøyets ansvar.

4.4 Andre sentrale spørsmål som utløses av den teknologiske utviklingen

4.4.1 Eierskap til data og ivaretagelse av datasikkerhet

Som forklart i kapittel 3.3 er det i dag ingen enighet om eierskap av data som genereres gjennom samvirkende ITS. Det blir viktig at aktørene og det offentlige tar hensyn til personvernet i utviklingen av de fremtidige løsningene. Tilstrekkelig personvern må ligge til grunn og vil være en forutsetning for å etablere nødvendig tillit til fremtidens transportsystemer. I mai 2018 innføres det et nytt personvernregelverk i hele Europa, som vil få konsekvenser for samferdselssektoren og som innebærer at rettighetene til det enkelte individ utvides og styrkes.

Datatilsynet har en særlig viktig rolle i å følge utviklingen på dette området og å fremme samarbeid mellom aktørene om godt personvern. Tilsynet la i desember 2017 frem en strategi for godt personvern i samferdselssektoren, Datatilsynet (2017). Denne strategien bygger på følgende elementer:

- at den enkelte skal kunne bevege seg og foreta reiser uten at det blir foretatt unødvendige registreringer
- at aktørene i sektoren aktivt benytter teknologien til å ivareta personvernet fremfor å utfordre det
- at innebygd personvern og personvern som standardinnstilling kommer på plass i sektoren
- dataminimalisering der det er nødvendig å registrere data om ferdsel som kan knyttes til individer ut fra viktige samfunnsinteresser eller berettigede private eller kommersielle interesser
- åpenhet og informasjon om hvordan personopplysninger lagres ved ferdsel i samfunnet
- god og dokumentert informasjonssikkerhet i alle informasjonssystemer som registrerer data om ferdsel som kan knyttes til enkeltindivider

Datatilsynet mener at det er et særlig stort potensial innenfor samferdselsområdet for å benytte teknologien og framveksten av nye digitale løsninger og tjenester til personvernets beste, samtidig som de funksjonelle behovene ivaretas. Derfor er det viktig å ha en aktiv dialog med de sentrale aktørene slik at ny teknologi blir tatt i bruk på en god måte.

4.4.2 Autonome kjøretøy og juridiske problemstillinger

Økt bruk av autonome kjøretøy og sammenkobling av førerstøttesystemer vil kunne påvirke ulykkesutviklingen betydelig i gunstig retning og gi andre positive effekter som bedret fremkommelighet, og er ønskelig fra et samfunnsperspektiv.

Samtidig vil økt bruk autonome kjøretøy kunne utløse nye etiske problemstillinger og dilemmaer, som må løses juridisk, hvis f.eks. et kjøretøy er forhåndsdefinert til å ta et spesifikt valg i en situasjon med kun negative utfall.

Utviklingen tilsier altså et behov for endring og tilrettelegging av dagens lov- og regelverk, som forutsetter en ansvarlig fører. Særlig gjelder dette veitrafikklovens bestemmelser om føreransvaret, ettersom utviklingen går i retning av fullt autonome og sammenkoblede kjøretøy, som gjør det mulig for fører å fri seg helt fra føreroppgavene.

Her vil det trolig være behov å se an den teknologiske utviklingen og samle erfaringer fra ulike pilotprosjekter, før en permanent endring av lov- og regelverk vurderes nærmere, og en eventuell ny ansvarsdeling mellom fører, bilprodusent, veieier eller andre. Det vil også være behov for harmonisering av regelverk internasjonalt. Ikke minst vil det være behov for ny regulering av andre forhold som trafikk kontroll, sikkerhet, ansvar og dataeierskap før bruk av autonome kjøretøy kan brukes kommersielt og i fullskala.

Det har imidlertid vært viktig for norske myndigheter å legge til rette for utprøving av autonome kjøretøy og regjeringen fremmet et lovforslag før sommeren 2017 som ble vedtatt av Stortinget i november. Loven trer i kraft 1. januar 2018.

Det legges til rette for utprøving innenfor rammer som særlig ivaretar trafikksikkerhets- og personvern hensyn. Utprøvingen skal skje gradvis, særlig ut fra teknologiens modenhet og med formål om å avdekke hvilke effekter selvkjørende kjøretøy kan ha for trafikksikkerhet, effektivitet i trafikkavviklingen, mobilitet og miljø.

I tillegg har Norge, sammen med 18 andre europeiske land, signert en intensjonsavtale om testing av autonome kjøretøy. Dette ble fulgt opp med en felleserklæring med de nordiske samferdselsministerne høsten 2017, hvor målet er å ha felles testing av kjøretøy, veiinfrastruktur og digital infrastruktur på tvers av grensene. Det er under planlegging pilottesting på E8 mellom Norge og Finland i 2018, blant annet for å vurdere forutsetningene for autonome kjøretøy under arktiske forhold.

Kort om digital sikkerhet

Solid digital sikkerhet (cyber security) og beskyttelse mot hacking vil være viktig for trygg anvendelse av autonom styring av kjøretøy. En rekke komponenter og kommunikasjonselementer i kjøretøyene vil kunne være utsatt for både feil og bevisst manipulering, som utfordrer sikkerheten, og det vil være nødvendig å etablere sikre standarder og bruk av høykvalitetskomponenter.

4.4.3 Muligheter for norsk næringsliv

Norges samlede ressursbruk innenfor samferdselssektoren er på et historisk høyt nivå og i tråd med vedtatt NTP skal dette trappes ytterligere opp det neste tiåret. Samtidig ligger Norge langt fremme i teknologianvendelse både i privat og offentlig sektor.

I parallell rapport utarbeidet for NHO, stiller vi spørsmålet om samferdselssatsningen kan innrettes på en måte som stimulerer til eksportrettet næringsutvikling. Norsk næringsliv har best forutsetninger for å lykkes på transportområdet i nisjer som tar utgangspunkt i norske fortrinn. De norske fortrinnene kan ikke bare knyttes til sterke eksisterende næringsmiljøer innen industri, energi og maritime operasjoner, men også til IKT-relaterte produkter og tjenester (THEMA, 2017).

Det er derfor god grunn til å se på transportsektoren og tilgrensende verdikjeder som lovende satsningsområder for norsk økonomi i årene som kommer. For å realisere mest mulig av verdiskapingspotensialet er det viktig at innovasjonssystemet utvikles gjennom mer samordning på tvers av aktører og myndighetsorganer og at den offentlige innkjøpsmakten i økende grad brukes til å fremme innovasjon. Det er også viktig at prosjektene prioriteres etter samfunnsøkonomisk lønnsomhet og at ny metodikk implementeres slik at slik at prioriteringsrekkefølgen bygger på et mest mulig komplett grunnlag.

Norge har best forutsetninger for å lykkes med ny næringsvirksomhet i nisjer som tar utgangspunkt i norske fortrinn der det allerede finnes kompetansemiljøer og bedrifter med relaterte eller lignende virksomhet.

Et godt hjemmemarked er viktig for å lykkes i eksportmarkedet. I denne sammenheng bør hjemmemarkedet være krevende og aktørene må ha vilje og kapasitet til å pilotere nye løsninger.

Kartleggingen som er utført i denne rapporten, tyder på at Norges fortrinn primært er knyttet til

- Utvikling av ferje- og skipsløsninger som utnytter nye energiløsninger og nye styringssystemer

- Utvikling av nye energiforsyningsløsninger til transportsektoren, eksempelvis ladestasjoner til elektrifisering, batteriteknologi eller hydrogenløsninger
- Utvikling av nye digitale styringssystemer på systemnivå i transportsektoren (ITS)
- Nisjeoppdrag for rådgivere og arkitekter og i noen grad for entreprenører

Det er også gode muligheter innenfor en rekke andre mindre områder som bygger på sentrale utviklingstrekk i transportmarkedet og der aktørene har innovativ kraft og finansielle muligheter til å satse (THEMA, 2017).

Det henvises til nevnte rapport for mer om muligheter for norsk næringsliv.

Kort om regjeringens initiativ til "Smartere transport i Norge"

Regjeringens ambisjon er at ny teknologi skal være et sentralt verktøy for å sikre et transportsystem som er sikkert, fremmer verdiskaping og bidrar til omstilling til lavutslippssamfunnet, og samtidig bidrar til å utvikle en moderne og innovasjonsdrevet transportsektor med nye arbeidsplasser og norsk verdiskaping.

Våren 2017 uttalte samferdselsminister Ketil Solvik-Olsen: *"Jeg er en teknologioptimist, og mener vi bør gripe mulighetene som ny teknologi representerer. Er vi tidlig ute kan vi sette mer av premissene for hvordan teknologien tas i bruk i transportsektoren. Ved å ta de rette prioriteringene i transportplanen og ha et fremtidsrettet lovverk kan Norge bli en teknologivinner på transport"* (Samferdselsdepartementet, 2017).

Transportetatene og Avinor har gjennom NTP fått økt handlingsrom til å sørge for infrastruktur som er best mulig tilrettelagt for nye teknologier og skal bruke sin tyngde som utbygger og innkjøper til å sikre at de store investeringene i sektoren blir fremtidsrettet.

I tillegg til satsingen på ny teknologi som skjer gjennom transportetatene, er det satt av 1 mrd. kroner til innovasjon, pilotvirksomhet, FoU og en konkurranse om Smartere transport i Norge. Et "mobilitets- og teknologiråd" er etablert med og skal bidra til å identifisere muligheter for bedre å utnytte norsk kompetanse og norsk næringsliv i utviklingen som skjer i transportsektoren. Målet er at teknologi som bidrar til å nå viktige mål tas raskere i bruk, gjennom utvikling av nye løsninger og bedre tilpassing av eksisterende løsninger til norske forhold.

For å stimulere til lokal innovasjon og utvikling i samferdselssektoren, har departementet invitert til en konkurranse om *Smartere transport i Norge – idéer og løsninger som gjør reisehverdagen enklere og godstransporten mer effektiv* – hvor inntil 100 mill. kroner skal fordeles.

4.5 Nasjonal transportplan 2022-33 – et frempek

Arbeidet med kommende NTP er i oppstartfasen. Arbeidet bør legge stor vekt på å forstå de muligheter og utfordringer som digitaliseringen kan innebære - og søke å legge best mulig til rette for nye muligheter som ønskes velkommen.

En implikasjon av beskrivelsene i denne rapporten, er at digitaliseringen kommer til å påvirke mange sentrale forutsetninger i NTP-arbeidet. Digitaliseringen påvirker hvordan eksisterende infrastruktur kan utnyttes, den påvirker transportbehovet, den skaper nye muligheter for helhetlige intermodale reiser for både personer og varer, og digitaliseringen muliggjør raskere og mer kostnadseffektiv utbygging og smartere drift og vedlikehold.

Følgende er eksempler på aktuelle spørsmål som bør belyses i NTP-arbeidet:

- *Digitaliseringen åpner for autonome kollektive løsninger (tog/T-bane/trikk/buss). Særlig for buss og bane endrer dette på kostnadsbildet mellom variable og faste kostnader, noe som kan gi grunnlag for endret ruteplanlegging. Eksempelvis ved å kjøre enkle vognsett hyppig heller enn doble vognsett sjelden (når det finnes ledig kapasitet, utenom rushtiden).*

- *Digitaliseringen legger til rette for økt satsning på optimalisering av transportflyten og bedre utnyttelse av systemet, herunder satsing på ITS og digitale styringssystemer. Det bør undersøkes hvor mye ekstra kapasitet slike løsninger kan bidra med, og om det i noen tilfeller kan fjerne behovet for nybygging av infrastruktur på visse strekninger, eventuelt i kombinasjon med bruk av restriktive virkemidler som veipricing.*
- *Anleggsbransjen har ambisiøse målsetninger om reduserte kostnader ved at planlegging og utbygging på grunn av digitalisering, samtidig som nye teknologi og nye kontraktsformer legger til rette for raskere planlegging og utbygging. Bransjens målsetninger er 25 prosent kostnadsreduksjon og 50 prosent raskere gjennomføring. Disse ambisjonene bør påvirke NTP-arbeidet på to måter: For det første bør man kunne forvente at utbyggingene som inngår i inneværende NTPs kostnadsrammer, kan gjennomføres til lavere kostnad enn foreliggende rammer. For det andre innebærer økt tempo i planlegging og bygging at man kan utsette beslutning om oppstart av prosjekter til behovet er tydeligere definert. Det vil i sin tur redusere risikoen for feilinvesteringer, ettersom all praksis viser at det er vanskelig å stoppe prosjekter som er igangsatt.*
- *Ny teknologi vil også bidra til et bedre beslutningsunderlag enn i dag i forhold til reelle og objektive data i forhold til trafikkmengde, fremkommelighetsproblemer, mv.*
- *Det kan bli redusert behov for veibygging som bedrer sikkerheten, fordi sensor- og kjøretøyteknologi kan bedre sikkerhetsnivået. Det kan eksempelvis gjelde førerstøttesystemer som reduserer risikoen for kollisjoner og utforkjøring. Eller det kan være sensorer som fanger opp risiko for ras på utsatte strekninger.*
- *Det kan bli redusert behov for investeringer for å innkorte reisetid, fordi passasjerer kan utnytte reisetiden digitalt*
- *Elektriske, autonome ferjer kan tilby et vesentlig bedre transporttilbud enn i dag, potensielt til lavere kostnader enn i dag. Særlig vil rutetilbudet kunne bedres, fordi slike ferjer er billige i drift, og ikke har mannskap som trenger pauser eller overtidsbetaling. Det bør vurderes om slike ferjeløsninger kan forrykke balansen mellom ferjeløsninger og bru- eller tunnelalternativer på utvalgte strekninger. Hvis man i tillegg legger noe vekt på næringsutvikling, og erkjenner at skipsindustrien er en av Norges innovative og eksportrettede næringer kan elektriske, autonome ferjer framstå som en attraktiv mulighet på flere av de strekningene der det tidligere har vært stort fokus på å få "ferjefri vei".*
- *Løsninger for platooning, der flere vogntog hektes sammen og føres av én sjåfør, kan endre på konkurranseflaten mellom godstog og vogntog når det gjelder langdistanse godstrafikk. Dersom vogntogene blir klimavennlige, basert på elektrisitet, hydrogen eller biodrivstoff, blir klimadimensjonen et mindre viktig argument til støtte for toget. Det sentrale blir da arealeffektivitet i byområdene, og disponeringen av høyt belastede veier og jernbanestrekninger inn mot de fire største byene. Autonome skip kan tilsvarende også ha et potensiale til å styrke skipstrafikkens rolle innen godstrafikken, for større typer gods uten "ferskvarepreg" med behov for rask leveranse. NTP-arbeidet bør se på godstrafikken i lys av de digitale mulighetene og utvikle en nasjonal strategi for hvordan det totale transportsystemet skal utnyttes best mulig.*
- *Varetransport og distribusjonsmønstre vil påvirkes betydelig av digitaliseringen og økt netthandel. Det bør derfor utvikles en godsstrategi som ser på lokalisering av godsterminaler osv. med nye øyne, for å vurdere om tidligere forutsetninger er robuste relatert til sannsynlig framtidig utvikling.*

Et viktig moment i NTP-arbeidet bør også være at Norge trolig ikke kommer til å ha samme økonomiske handlingsrom i framtiden som nå. Perspektivmeldingen peker på behovet for klok forvaltning av oljeformuen og Produktivitetskommisjonen understreker behovet for prioriteringer og vektlegging av samfunnsøkonomi.

En dristig hypotese på basis av rapportens budskap og foregående drøftinger, er at kommende NTP-forslag vil være det første i rekken som foreslår en lavere budsjettrammen enn foregående plan og en kraftig vridning i pengebruken. Digitaliseringen burde gjøre det mulig å:

- redusere investeringskostnadene med 15 prosent (som er mindre ambisiøst enn anleggsbransjen selv sier),
- bedre utnyttelsen av eksisterende infrastruktur slik at 10 prosent av foreliggende forslag til investeringer kan kuttes ut,
- satse 5 prosent av budsjettrammen på smarte IT-løsninger for å muliggjøre bedre utnyttelse av eksisterende infrastruktur og materiell,
- og dermed ende opp med et minst like godt transportsystem til kun 80 prosent av kostnaden

REFERANSELISTE

- 2025AD (n.d.):** *Milestones – the Automated Driving Timeline*. Tilgjengelig på <https://www.2025ad.com/latest/milestones-the-ad-timeline/>
- Audi (2017):** *Audi piloted driving*. Tilgjengelig på <https://media.audiusa.com/models/piloted-driving>
- Bane Nor (2017):** «Avtaler inngått mellom Jernbanedirektoratet og Bane Nor». <http://www.banenor.no/Nyheter/Nyhetsarkiv/2017/avtaler-inngatt-mellom-jernbanedirektoratet-og-bane-nor/>
- BCG (2015):** *Revolution in the Driver's Seat: The Road to Autonomous Vehicles*. Tilgjengelig på: <https://www.bcgperspectives.com/content/articles/automotive-consumer-insight-revolution-drivers-seat-road-autonomous-vehicles/#chapter1>
- Blackrock (2017):** *Future of the vehicle - Winners and losers: from cameras to chips*. Tilgjengelig på <https://www.blackrock.com/corporate/en-ca/literature/whitepaper/bii-future-of-vehicle-2017-us.pdf>
- Bloomberg Technology (2017):** *Big Oil Just Woke Up to Threat of Rising Electric Car Demand*. Tilgjengelig på <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-07-14/big-oil-just-woke-up-to-the-threat-of-rising-electric-car-demand>
- Bodø kommune (n.d.):** *Ny by – ny flyplass*. Tilgjengelig på <http://nyby.bodo.kommune.no/>
- C-Roads (2017a):** *Harmonised C-ITS Specifications for Europe*.
- C-Roads (2017b):** *Radio frequencies designated for enhanced road safety in Europe – C-Roads position on the usage of the 5.9 GHz band*. Tilgjengelig på https://www.c-roads.eu/fileadmin/user_upload/media/Dokumente/C-Roads_Position_paper_on_59GHz_final.pdf
- Cooperative ITS Corridor (n.d.):** *Cooperative Traffic Systems – safe and intelligent. Introduction to the corridor: Rotterdam – Frankfurt/M. – Vienna*. Tilgjengelig på <http://c-its-korridor.de/?menuId=1&sp=en>
- Datatilsynet (2017):** *Strategi for et godt personvern i samferdselssektoren*. Tilgjengelig på <https://www.datatilsynet.no/aktuelt/2017/ny-strategi-for-godt-personvern-i-samferdselssektoren/>
- Davies, A. (2015):** *The World's first Self-Driving Semi-Truck Hits the Road*. Tilgjengelig på <https://www.wired.com/2015/05/worlds-first-self-driving-semi-truck-hits-road/>
- Declaration of Amsterdam (2016):** *Cooperation in the field of connected and automated driving. Navigating to connected and automated vehicles on European roads*. Tilgjengelig på <https://www.regjeringen.no/contentassets/ba7ab6e2a0e14e39baa77f5b76f59d14/2016-04-08-declaration-of-amsterdam---final1400661.pdf>
- Del Rey, J. (2015):** *Amazon Buys Thousands of Its Own Truck Trailers as Its Transportation Ambitions Grow*. Tilgjengelig på <https://www.recode.net/2015/12/4/11621148/amazon-buys-thousands-of-its-own-trucks-as-its-transportation>
- Digital Economy and Society Index (DESI) (2017):** *Digital Economy and Society Index 2017*.
- EU-kommisjonen (2017a):** *Gear 2030: High Level Group on the Competitiveness and Sustainable Growth of the Automotive Industry in the European Union*.
- EU-kommisjonen (2017b):** *C-ITS Platform Phase II. Cooperative Intelligent Transport Systems towards Cooperative, Connected and Automated Mobility*. Tilgjengelig på <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/2017-09-c-its-platform-final-report.pdf>
- EU-kommisjonen (2016):** *A European strategy on Cooperative Intelligent Transport Systems, a milestone towards cooperative, connected and automated mobility*. Tilgjengelig på https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/com20160766_en.pdf

Ellis, G. (2017): *The extensive innovations in railway digitalisation and how best to utilise and demonstrate them.* Tilgjengelig på <https://www.globalrailwayreview.com/article/33780/innovations-railway-digitalisation/>

Elnes, B. (2017): *Når alle biler og veier snakker samme språk.* Innlegg ved Teknas frokostseminar *Innovasjon innen smart mobilitet og autonomi.* Tilgjengelig på <https://infrastruktur.tekna.no/innovasjon-innen-smart-mobilitet-og-autonomi/>

Ericsson Consumerlab (2017): *The Self-Driving Future 2017.*

Forbes (n.d.): *The World's Most Valuable Brands.* Tilgjengelig på <https://www.forbes.com/powerful-brands/list/#tab:rank>

Ford (2016): *Ford targets fullt autonomous vehicle for ride sharing in 2021: invests in new tech companies, doubles Silicon Valley team.* Tilgjengelig på <https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/news/2016/08/16/ford-targets-fully-autonomous-vehicle-for-ride-sharing-in-2021.html>

Gesenhues, A. (2017): *Report: E-commerce accounted for 11.7 % of total retail sales in 2016, up 15.6 % over 2015.* Tilgjengelig på <https://marketingland.com/report-e-commerce-accounted-11-7-total-retail-sales-2016-15-6-2015-207088>

Hovland, T. (2017): *ITS utvikling og standardisering.* Innlegg ved Teknas frokostseminar *Innovasjon innen smart mobilitet og autonomi.* Tilgjengelig på <https://infrastruktur.tekna.no/innovasjon-innen-smart-mobilitet-og-autonomi/>

IEEE (2012): *Look Ma, No Hands".* Tilgjengelig på https://www.ieee.org/about/news/2012/5september_2_2012.html

International Association of Public Transport (n.d.): *Press Kit Metro Automation Facts, Figures and Trends.* <http://www.uitp.org/sites/default/files/Metro%20automation%20-%20facts%20and%20figures.pdf>

International Transport Forum (2015): *Urban Mobility System Upgrade: How shared self-driving cars could change city traffic.* Tilgjengelig på https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/15cpb_self-drivingcars.pdf

IHS Automotive (2016): *Autonomous vehicle sales forecast to reach 21 mil. Globally in 2035, according to HIS Automotive.* Tilgjengelig på <https://www.ihs.com/country-industry-forecasting.html?ID=10659115737>

International Transport Forum (2017): *Managing the transition to driverless freight transport.*

ITS World Congress (2017): *Smart Cities Pavilion.* Tilgjengelig på <http://itsworldcongress2017.org/smart-cities-pavilion/>

KiM (2016): *Driver at the wheel.*

KiM (2017): *Paths to a self-driving future: Five transition steps identified.*

Marr, B. (2015): *How Big Data Drives Success at Rolls-Royce.* Tilgjengelig på <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2015/06/01/how-big-data-drives-success-at-rolls-royce/#11b22b8e1d69>

McKinsey (2016): *Automotive revolution – perspective towards 2030: How the convergence of disruptive technology-driven trends could transform the auto industry*

McKinsey (2017): *Self-driving car technologies: When will the robots hit the road?* Tilgjengelig på <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/self-driving-car-technology-when-will-the-robots-hit-the-road#0>

Norges Lastebileier-forbund (2017): *Kostnadsindeks for lastebiltransport.*

Quartz (2017): *A timeline of when self-driving cars will be on the road, according to the people making them.* . Tilgjengelig på <https://qz.com/943899/a-timeline-of-when-self-driving-cars-will-be-on-the-road-according-to-the-people-making-them/>

RethinkX (2017): *Rethinking Transportation 2020-2030: The Disruption of Transportation and the Collapse of the Internal-Combustion Vehicle and Oil Industries.*

SAE (2016): *U.S. Department of Transportation's New Policy on Automated Vehicles Adopts SAE International's Levels of Automation for Defining Driving Automation in On-Road Motor Vehicles.* Tilgjengelig på <https://www.sae.org/news/3544/>

Samferdselsdepartementet (2017): *Norge skal bli en teknologivinner på transport.* Tilgjengelig på <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/norge-skall-bli-en-teknologivinner-pa-transport/id2548585/>

SINTEF (2017a): *Snart sjøsettes «spøkelsesskipene».* Tilgjengelig på <http://www.sintef.no/siste-nytt/snart-sjosettes-spokelsesskipene/>

SINTEF (2017b): *Notat: Utprøving av selvkjørende kjøretøy på vei: Innspill til utkast til ny lov.* Tilgjengelig på <https://www.regjeringen.no/contentassets/d85eaf3bf13d4be7ac64a59d155ebe88/sintef.pdf>

Sporveien (2016): *Årsrapport 2016: Fremtidens byreise starter nå.* Tilgjengelig på <https://epub.artbox.no/sporveien/ar2016/index.html#2/z>

Statens vegvesen (n.d.): *Reisetider.* Tilgjengelig på <http://www.reisetider.no/reisetid/forside.html>

Statens vegvesen (2016): *Utvikling av Samvirkende ITS. Et veikart mot fremtiden. Delrapport fra etatsprogrammet SmITS.*

Swissinfo.ch (2016): *Future of transport: Which countries are testing driverless cars?* Tilgjengelig på https://www.swissinfo.ch/eng/sci-tech/future-of-transport_which-countries-are-testing-driverless-cars-/41999484

THEMA Consulting Group (2017): *Næringsutvikling og morgendagens mobilitet.* THEMA Rapport 2017-31.

Teknisk Ukeblad (2016): *Selvkjørende biler: Vi har bare kommet til nivå 2 av 5.* Tilgjengelig på <https://www.tu.no/artikler/slik-virker-selvkjorende-biler/358826>

U.S. Department of Transportation (n.d.a): *Connected Vehicle Pilot Deployment program: Tampa, Florida.* Tilgjengelig på https://www.its.dot.gov/factsheets/pdf/TampaCVPilot_Factsheet.pdf

U.S. Department of Transportation (n.d.b): *Connected Vehicle Pilot Deployment program: Wyoming.* Tilgjengelig på https://www.its.dot.gov/factsheets/pdf/WyomingCVPilot_Factsheet_020817.pdf

U.S. Department of Transportation (n.d.c): *Connected Vehicle Pilot Deployment program: New York City, New York.* Tilgjengelig på https://www.its.dot.gov/factsheets/pdf/NYCCVPilot_Factsheet_020817.pdf

Walker (2017): *The Self-Driving Car Timeline – Predictions from the Top 11 Global Automakers.* Tilgjengelig på <https://www.techemergence.com/self-driving-car-timeline-themselves-top-11-automakers/>