Nasjonal transportplan 2022-2033

TEKNOLOGITRENDER I TRANSPORTSEKTOREN

Utredningsrapport 25. april 2019

Foto: Avinor

AVINOR Jernbane-direktoratet KYSTVERKET NyeVeier Statens vegvesen

FORORD

Som en del av grunnlaget for Nasjonal transportplan (NTP) 2022-2033 har Avinor AS, Jernbanedirektoratet, Kystverket, Nye Veier AS og Statens vegvesen (heretter: transportvirksomhetene) satt i gang et utredningsarbeid innen sju utvalgte områder:

- Klima
- Miljø
- Teknologi
- Byområder
- Godstransport
- Transportsikkerhet
- Samfunnssikkerhet

Arbeidet skal gi faglige anbefalinger til Samferdselsdepartementets rullering av stortingsmeldingen om Nasjonal transportplan.

Arbeidet er dokumentert i to arbeidsdokument. Dette arbeidsdokumentet beskriver teknologi som sektoren ennå ikke har nyttiggjort seg i tilstrekkelig grad, samt teknologi som fremdeles er under utvikling eller foreløpig ikke er fullt ut tilgjengelig. Dokumentet drøfter følgende ni områder:

1. Teknologi i et større perspektiv
2. Digitalisering
3. Infrastruktur for fremtidens samferdsel
4. Konnektiv samferdsel
5. Automatisert samferdsel
6. Energi/lavutslipp i samferdsel
7. Forretningsmodeller
8. Mobilitet og logistikk
9. Fremtidens transportmidler

Dette dokumentet danner det teoretiske grunnlaget for drøftingene i arbeidsdokumentet «Strategisk mulighetsrom ved ny teknologi» Anbefalingene i dokumentet er et forslag fra en prosjektgruppe.

Prosjektgruppen har bestått av følgende medlemmer:
Ragnhild Wahl - Jernbanedirektoratet (leder)
Camilla Berntzen - Jernbanedirektoratet (sekretær)
Lise Nyvold - Jernbanedirektoratet
Abdul Basit Mohammad - Avinor
John Christian Paulshus - Avinor
Bjørnar Kleppe - Kystverket
Trond Langemyr - Kystverket
Per Einar Pedersli - Statens vegvesen
Bjørn Andreas Lund - Statens vegvesen
Bjørn Aasebø, KS/Fylkeskommunene
Lars Vassbotn Aamodt, Nye Veier AS

I tillegg til dette har ulike fagpersoner i virksomhetene bidratt til de enkelte delkapitlene.

Trondheim, 25.april 2019

Ragnhild Wahl
Prosjektleder for Teknologiutredningen

ORDFORKLARINGER

Automatisering	Faglig prosess med formål å gjøre et fenomen automatisk, slik at det i større eller mindre grad styrer seg selv
Autonomi	Selvkjørende transportmidler
CCAM	Samvirkende Tilkoplet og Autonom Mobilitet (Cooperative, Connected and Automated Mobility)
C-ITS	Cooperative Intelligent Transport Systems (Samvirkende Intelligente transportsystemer). Teknologier, applikasjoner og tjenester som utnytter effektiv datautveksling mellom enheter, aktører og infrastruktur ved bruk av trådløs kommunikasjon og smart teknologi i kjøretøy og mobile enheter. Omtales også som Konnektivitet
Delingsøkonomi	Forretningsmodeller som er basert på transaksjoner mellom privatpersoner, formidlet gjennom digitale plattformer. Delingsøkonomi betegner markeder som blir muliggjort av bedrifter som ikke selv eier det som selges og kjøpes, men som tilbyr en felles plattform for å koordinere – finne, betale og evaluere – utvekslingen av produkter og tjenester
Drone	Ubemannet luftfartøy
e-Navigasjon	E-navigasjon er digitalisering av informasjonstjenester og informasjon som utveksles mellom skip og myndigheter
ERTMS	Felles europeisk togkontroll- og trafikkstyringssystemet for jernbanen (European Rail Traffic Management System)
Forretningsmodell	Hvordan en organisasjon skaper, leverer, og fanger opp verdier – økonomiske, sosiale, eller andre former av verdier. Prosessen med å utvikle forretningsmodellen er en del av forretningsstrategien
Forsterket virkelighet	Mer avansert enn VR. Her legger man på tilleggsinformasjon relatert til de omgivelsene man beveger seg i og beriker den virkelige verden og opplevelsen av denne (Augmented Reality, AR)
GDPR	Personvernforordningen (Forordning 2016/679, General Data Protection Regulation, GDPR) er en forordning som skal styrke og harmonisere personvernet ved behandling av personopplysninger i Den europeiske union (EU)
GNSS	Global Navigation Satellite System, en fellesbetegnelse for satellittnavigasjonssystemer
GPS	Global Positioning System, amerikanskutviklet satellittnavigasjonssystem

Hyperloop	Konsept for et fremtidig transportmiddel for mennesker og gods. Hyperloop skal bestå av rør med svært lavt lufttrykk, nær vakuum, slik at luftmotstanden blir liten. I rørene ferdes kapsler drevet av lineære induksjonsmotorer, lineærmotorer
ITS	Intelligente transportsystemer
Kombinert mobilitet	Konsept for hvordan man kan tilby integrerte mobilitetstjenester, der offentlig transport er basistilbudet, men som suppleres med andre transportformer som bildeling, sykkeldeling, drosjer, sykling og andre bestillingsløsninger
Konnektivitet	Konnektivitet i samferdselssektoren er teknologier og applikasjoner som utnytter effektiv datautveksling mellom enheter (fremkomstmidler), aktører, infrastruktur og baksystemer i transportsystemet ved bruk av trådløs kommunikasjon og smart teknologi i kjøretøy og mobile enheter. Omtales også som C-ITS
Kunstig intelligens	Et systems evne til å korrekt tolke eksterne data, å lære av slike data, og å bruke denne kunnskapen til å oppnå spesifikke mål og oppgaver gjennom fleksibel tilpasning. (Artificial Intelligence, AI)
Pilot-T	Pilot-T er et samarbeid mellom Forskningsrådet og Innovasjon Norge, som lyser ut midler som skal bidra til at ny teknologi tas raskere i bruk. Dette er prosjekter hvor bedrifter og forskningsmiljøer samarbeider om resultatene som gir økt verdiskaping for bedriften
Regulatorrollen	En regulering er enhver handling eller ethvert inngrep fra myndighetene som er ment å forandre adferden til individer, grupper, bedrifter, mv.
Samvirkende ITS	Se C-ITS
SESAR	European Sky ATM Research Undertaking
Smart by	En smart by bruker digital informasjon og kommunikasjonsteknologi til å effektivisere driften av byen, dele informasjon med publikum og gjennom innovative metoder forbedre kvaliteten på kommunale tjenester og gjøre livet bedre for innbyggerne. Utveksling og anvendelse av data er et kjerneelement i utvikling av smarte byer
Stordata	Datasett som er så store eller komplekse at de er vanskelige å analysere med vanlige dataprosesseringsverktøy. (Big Data)
Tingenes internett	Nettverket av identifiserbare gjenstander som er utstyrt med elektronikk, programvare, sensorer, aktuatorer og nettverk som gjør gjenstandene i stand til å koble seg til hverandre og utveksle data (Internet of Things IoT)
Verdinettverk	Bedrift som skaper verdi ved å koble klienter og kunder som er, eller ønsker å være, avhengige av hverandre

Virtuell virkelighet	Bygget opp av digitale modeller, hvor mennesket til dels kan sanse virtuelle omgivelser ved å se, høre, lukte og ta på digitale gjenstander ved hjelp av elektroniske hjelpemidler. (Virtual Reality, VR)

INNHOLDSFORTEGNELSE

Forord 3
Ordforklaringer 5
Innholdsfortegnelse 11
1 Innledning 15
2 Teknologi i et større perspektiv 17
2.1 Generelle trender og utviklingstrekk innen samferdsel mot 2050 17
2.2 Teknologitrender 18
3 Digitalisering 23
3.1 Standardisering 23
3.2 Stordata (BigData) 24
3.3 Dataeierskap og forvaltning 25
3.4 IKT-sikkerhet 26
3.5 Personvern 26
4 Infrastruktur for fremtidens samferdsel 29
4.1 Fysisk infrastruktur 29
4.2 Kommunikasjonsinfrastruktur 29
4.3 Teknologiutvikling fysisk infrastruktur 30
5 Konnektiv samferdsel 31
5.1 Konnektiv luftfart 32
5.2 Konnektive skip og ferger 33
5.3 Konnektiv veisektor 35
5.4 Konnektiv jernbane 37
5.5 Konnektivitet på tvers av transportformene 39
5.6 Teknologiutvikling for konnektiv samferdsel 40
6 Automatisert samferdsel 41
6.1 Automatisert luftfart 41
6.2 Automatiserte skip og ferger 42
6.3 Automatisert veisektor 45
6.4 Automatisert jernbane 48
6.5 Teknologiutvikling for automatisert samferdsel 49
7 Energi/lavutslipp i samferdsel 50
7.1 Energi/lavutslipp luftfart 50
7.2 Energi/lavutslipp skip og ferger 51
7.3 Energi/lavutslipp veisektor 51
7.4 Energi/lavutslipp jernbane 52
7.5 Teknologiutvikling for energi/lavutslipp innenfor transport 52
8 Forretningsmodeller 54
8.1 Verdinettverk 54

8.2 Plattform-, delings- og bestillingsøkonomi 55
8.3 Smartkontrakter 57
8.4 Kombinert mobilitet og logistikk som en tjeneste 59
9 Mobilitet og logistikk 60
9.1 Endret arbeidsdeling mellom transportformene 60
9.2 Sanntidsdata i alle ledd 62
9.3 Dynamiske personreiser 63
9.4 Dynamiske godstransporter 65
9.5 Betalingsløsninger og billettering 67
10 Fremtidens transportmidler 68
10.1 Transport i rør 68
10.2 Automatiserte/Autonome fly og droner 69
10.3 Flygende biler 71
11 Oppsummering 72

1 INNLEDNING

Det er en klar forventning om at ny teknologi og klimahensyn vil prege fremtidens transporter. Ny teknologi åpner for bedre utnyttelse av eksisterende infrastruktur og transportmidler, helt nye løsninger og disruptiv utvikling innen mange sektorer i samfunnet. Dette vil kunne medføre betydelige samfunnsendringer. Teknologiutviklingen går stadig raskere og uten påvirkning fra transportmyndighetene. Dette utfordrer de tradisjonelle plan- og beslutningsprosessene. Som offentlig myndighet må vi ha et forhold til de teknologiske endringene og de mulighetene og konsekvensene disse innebærer, og vi må legge til rette for gode rammebetingelser og styre virkemiddelbruken slik at vi realiserer en ønsket samfunnsutvikling.

Figur 1: Teknologiutviklingen innen transport må understøtte FNs bærekraftmål[1]

Som del av forberedelsen til Nasjonal transportplan 2022-2033 (NTP) er det gjennomført en utredning av teknologitrender og transportrelevante muligheter og konsekvenser av disse. Denne teknologiutredningen er dokumentert i to rapporter:

- Foreliggende rapport Teknologitrender i transportsektoren, beskriver teknologi som sektoren ennå ikke har nyttiggjort seg i tilstrekkelig grad, samt teknologi som fremdeles er under utvikling eller foreløpig ikke er fullt ut tilgjengelig.

- Rapporten Strategisk mulighetsrom ved ny teknologi, beskriver endringer på samfunns- og individnivå, muligheter og utfordringer som følge av ny teknologi. Denne er basert på det teoretiske grunnlaget som gis i rapporten over.

Transportetatene og Avinor skal planlegge for en lang tidshorisont, samtidig som det blir stadig vanskeligere å forutse hvilke endringer som følger av ny teknologi, andre trender og drivkrefter. Det er knyttet betydelig usikkerhet til den teknologiske utviklingen – både hvilken retning den tar, innenfor hvilken tidshorisont og med hvilken utbredelse. Innen strategisk transportplanlegging vil vi måtte ta noen valg ut fra forventninger om denne utviklingen og hvilket bidrag den kan gi til transportpolitisk måloppnåelse. Samtidig må det etableres strategier for hvor offensivt/proaktivt transportmyndighetene skal ta i bruk ny teknologi. Dette er en krevende oppgave, som det ikke finnes noen entydige svar på. Siden teknologisk utvikling forventes å ha en akselererende takt, vil det være nødvendig med hyppig revurdering av roller og prioriteringer.

Digitalisering, stadig økende tilgang på data og bruk av IT-baserte systemer og verktøy representerer store muligheter, men også store utfordringer. Utfordringene er eksempelvis knyttet til personvern, IT-sikkerhet, kvalitetssikring og manglende standardisering av data. Hvis vi ønsker en offensiv sektor, må også myndighetene ta en offensiv regulatorrolle. Et lovverk som er fleksibelt og oppdatert i henhold til teknologisk utvikling, er en forutsetning for at næringslivet skal kunne realisere mulighetene som ligger i ny teknologi. Tilsvarende vil en passiv utøvelse av regulatorrollen kunne føre til at markeder utvikler seg i en retning som ikke er forenlig med myndighetenes samfunnsmål.

[1] Figuren viser et utvalg av FNs 17 bærekraftsmål som er særlig knyttet opp mot transport, https://www.fn.no/view/content/33936/full/1/22014

Teknologi er ikke et mål i seg selv, men representerer et hjelpemiddel og verktøy for å oppnå ulike mål og samfunnsformål. Rapporten er derfor forsøkt lagt på en teknologinøytral linje, men med anbefalinger om å bygge inn nødvendig robusthet og fleksibilitet i beslutningene for å kunne ta høyde for fremtidige teknologiendringer. Denne utredningen tar ikke mål av seg til å gå i detalj på alle anvendelsesområder. Konkrete anvendelser er behandlet i mer detalj i de tematiske utredningene som også er gjennomført som del av forberedelsen til NTP 2022-2033[2].

Rapporten er utarbeidet av en utredningsgruppe bestående av representanter for Jernbanedirektoratet, Statens vegvesen, Kystverket, Avinor, KS og Nye Veier AS. Kunnskap som er analysert og reflektert i rapporten er fremskaffet gjennom eksterne utredninger[3], gjennomgang av relevante nasjonale og internasjonale utredninger og studier, arbeidsverksteder og deltakernes brede kunnskap om trender innen sine respektive sektorer. Enkelte tema har vært gjenstand for større prosesser og i samarbeid med de tematiske utredningsgruppene.

Kapittel 2 gir innledningsvis en kort oppsummering av de viktigste trendene og utviklingstrekkene på samfunnsnivå. Detter gis en kort beskrivelse av utvalgte teknologiområder og -trender. Kapittel 3 tar for seg digitalisering innen transportsektoren. Digitalisering er en av grunnpilarene for å utvikle og ta i bruk ny teknologi i fremtidens transportløsninger. Det samme er utbygging av kommunikasjonsinfrastruktur, og dette er beskrevet i kapittel 4. Kapittel 5 og 6 omhandler utviklingen av konnektivitet og automatisering i transportsektorene. Konnektivitet er nødvendig for å kunne automatisere transportformene. Kapittel 7 omhandler utviklingen innenfor energilagring/-former og nullutslippsløsninger. Kapittel 8 beskriver nye forretningsmodeller som er muliggjort med ny teknologi. Kapittel 9 er tjenesteorientert hvor en tar for seg mobilitet (persontrafikk) og logistikk (godstransport). Avslutningsvis i kapittel 10 ser vi inn i krystallkulen på hva som kan tenkes å komme av helt nye transportformer og løsninger som foreløpig er på konseptstadiet, før rapporten oppsummeres i kapittel 11.

[2] Utredningsgruppene dekker temaene: by, klima, miljø, gods, transportsikkerhet, samfunnssikkerhet og transportanalyse/samfunnsøkonomi

[3] Utredninger som er gjennomført som del av arbeidet med NTP-utredningen:

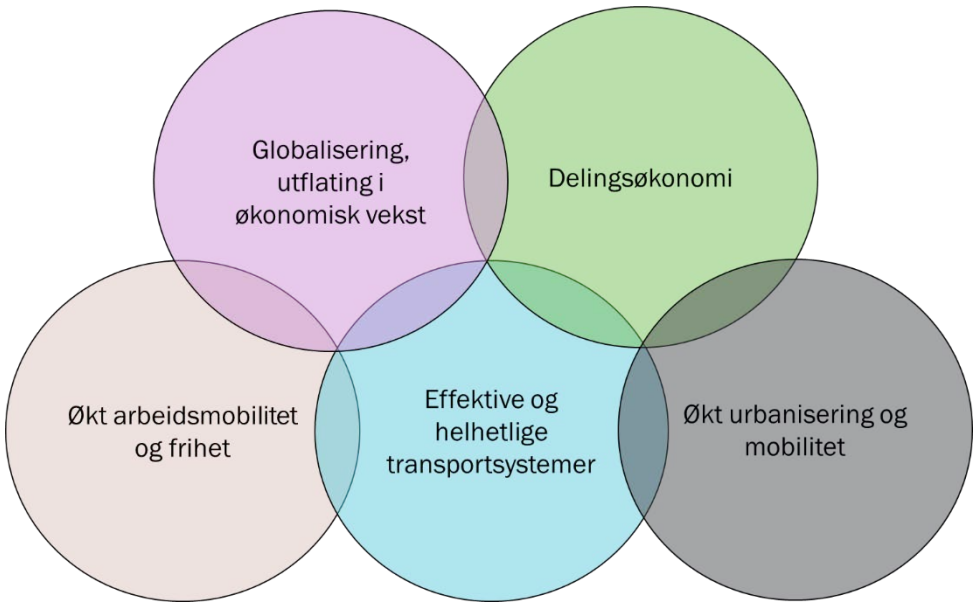
- KPMG, Prognosesenteret, HR Prosjekt og SINTEF (2018) Fremsyn 2050 – trender innen samferdsel frem mot 2050
- SINTEF (2007) Bakken, T. (red.) Teknologitrender som påvirker transportsektoren
- TØI (2017) Østli V., Ørving T., Aarhaug J. Betydningen av ny teknologi for oppfyllelse av nullvekstmålet
- TØI (2018) Aarhaug, Ørving, T og Kristensen, N.B. *Teknologiske trender og samfunnsendring*
- KPMG (2018) Regulere fremtidens mobilitet. Det offentliges fremtidige roller som tilrettelegger, integrator og regulator
- Thema og MindShift (2018) Lunde G., Dalen, J., Noreng, C., Persen G. *Atferdsendringer på individnivå som følge av ny teknologi* (utgis ikke som rapport)

2 TEKNOLOGI I ET STØRRE PERSPEKTIV

2.1 GENERELLE TRENDER OG UTVIKLINGSTREKK INNEN SAMFERDSEL MOT 2050

Vi vil trekke fram konnektivitet, automatisering og teknologi for nullutslipp som de tre viktigste teknologiske driverne som forventes å påvirke fremtidens transporter. Digitalisering og en hel rekke nøkkelteknologier bidrar til å muliggjøre nye arbeids- og produksjonsprosesser, nye forretningsmodeller og tjenester. Dette påvirker både individer, næringsliv og samfunn, og vil kunne gi betydelige endringer i transportbehovene og transportsystemet.

For å få bedre grep om hvordan vi kan dra nytte av teknologien til økt måloppnåelse for samfunnsutviklingen og de transportpolitiske målene, vil vi gi et kort bilde av viktige utviklingstrekk som følger av trender, observasjoner og drivkrefter[4]. Utviklingstrekkene omtaler hvordan ser vi vår rolle i et internasjonalt perspektiv, hva endres i arbeidsliv, i verdinettverk og forretningsmodeller og som utspiller seg i endret mobilitet og transportsystem.



Figur 2: Grafisk framstilling av noen sammenhenger mellom utviklingstrekk. Kilde: KPMG

Fortsatt globalisering, men utflating i den økonomiske veksten i Norge tar utgangspunkt i at Norge er en liten og åpen økonomi, og at den økonomiske utviklingen er helt avhengig av utviklingen i den globale økonomien. Nye krav, ny teknologi, internasjonal konkurranse og innenlands tilpasning vil være avgjørende. Globalisering påvirker transportbehovet gjennom økt etterspørsel etter lengre reiser og økt arbeidsdeling i produksjonen. Økt arbeidsdeling peker direkte i retning av mer godstransport, både med råvarer og ferdigvarer.

Økt urbanisering og mobilitet endrer transportbehovet beskriver en utvikling der vi bor tettere, enten i byer eller i knutepunkter rundt byene. Denne utviklingen forsterkes ytterligere av eldrebølgen. I by og byområder dekkes mange av de daglige behovene uten bruk av bil, enten fordi vi går, sykler eller reiser kollektivt. Økt

[4] KPMG, Prognosesenteret, HR Prosjekt og SINTEF (2018) *Fremsyn 2050 – trender innen samferdsel frem mot 2050*

befolkning i byer og tettsteder gir dermed grunnlag for både et mer kostnadseffektivt og kvalitativt bedre kollektivtransporttilbud. Økt konsentrasjon av befolkningen og økende bruk av netthandel innebærer endringer for godsdistribusjon, som må tilpasses økte krav til individualiserte og fleksible transporttjenester. Større konsentrasjon av volumer gir også grunnlag for effektivisering av godstransporten med større knutepunkter med skifte av transportmiddel fra det lange transportleddet (eksempelvis overgang mellom sjøtransport i store havner til/fra bane/vei) til distribusjon for fabrikk/lager/butikk/forbruker.

Ny teknologi vil kunne føre til effektive, helhetlige transportsystemer og tar utgangspunkt i tre viktige teknologitrender som forventes å radikalt endre transportsektoren. *Elektrifisering*, som har kommet lengst for jernbanen, men etter hvert også langt for bilparken (og fergene) i Norge, vil spre seg til busser, varebiler, lastebiler, skip og fly som et svar på våre internasjonale klimaforpliktelser. Samtidig vil vi få tilgang til nye nullutslippsteknologier, som hydrogen. *Konnektivitet* beskriver et transportsystem der transportmidlene alltid er på nett, og kommuniserer med hverandre, infrastrukturen, baksystemer og brukerne. Konnektivitet muliggjøres av digitalisering og tilgang til stordata. *Autonomi* handler om at transportmidlene blir selvkjørende, både til lands, til vanns og i luften. Effekten av dette er at fremtidige transportsystemer preges av lavere kostnader, bedre tilgjengelighet og økt sikkerhet, noe som igjen peker i retning av økt transportetterspørsel. Nye transportløsninger som hyperloop og platooning av autonome godskjøretøy utfordrer de tradisjonelle konkurranseflatene mellom transportformene ytterligere.

Endring i arbeidslivet fører til økt arbeidsmobilitet. Mange rutinepregede arbeidsoppgaver forsvinner når bruken av kunstig intelligens og roboter for fullt slår inn i arbeidslivet. Ny teknologi gjør at stadig flere arbeidsoppgaver kan løses uavhengig av tid og sted. Produktivitetsvekst tas ut i økt fritid og vi møter ikke opp til samme tid og sted hver dag. Disse endringene, kombinert med at vi alltid er «på nett» innebærer imidlertid også at grensen mellom arbeid og fritid delvis viskes ut. Effekten av utviklingstrekkene er kortere og færre daglige arbeidsreiser og dermed lavere rushtidstopper, samtidig som etterspørselen etter fritidsreiser øker. Effekten for godstransporten er ikke entydig. På den ene siden kan det forventes noe redusert etterspørsel etter varer på grunn av prioritering av opplevelser, noe som igjen gir lavere transportetterspørsel. Frikobling av tid og sted for produksjon vil kunne bidra til mer effektiv utnyttelse av transportinfrastrukturen over døgnet. Dette kan imidlertid også innebære at de store tunge godsstrømmene av råstoff til produksjon av ferdigvarer brytes opp i mindre enheter, noe som igjen peker i retning av lavere effektivitet og økt transportarbeid.

Delingsøkonomi vrir fokus fra eierskap til tjenester. MaaS beskriver løsninger der man får dekket sine transport- og mobilitetsbehov uten selv å eie transportmiddelet en bruker. Dette er på mange måter en konsekvens av de øvrige utviklingstrekkene. Fjerning av sjåførkostnad gjør at det blir vesentlig billigere å ta drosje når vi trenger det. Delingsøkonomi påvirker ikke transport*etterspørselen* direkte, men påvirker transporttilbudet ved at nye forretningsmodeller kan endre tilbudsstrukturen og gi nye transporttjenester innenfor både gods- og persontransport. Det er særlig dagens rutegående kollektivtransport, taxinæring og budbiler som blir utfordret av delingsøkonomien.

Fremtiden er usikker. Det er ikke mulig å gi en nøyaktig beskrivelse av fremtiden, men utviklingstrekkene som er beskrevet over gir en indikasjon på flere utviklingsbaner som helt eller delvis overlapper. Det er knyttet stor usikkerhet til de beskrevne utviklingstrekkene og hvordan disse vil kunne påvirke transportene i Norge frem mot 2050. Utviklingstrekkene er basert på forhold vi kan observere i dag, framskriving av økonomiske forhold, teknologi som er under utvikling, spørreundersøkelser i ulike markeder, eksperters spådommer og betraktninger knyttet til menneskers preferanser.

Konsekvensen av disse utviklingstrekkene er at offentlig sektor må ta beslutninger om løsninger under stor usikkerhet. Dette gjelder både infrastruktur, kjøretøy og tilhørende mobilitets- og logistikktjenester.

2.2 TEKNOLOGITRENDER

Teknologi har stor betydning for samfunnsutviklingen, men er ikke et mål i seg selv. Teknologien åpner blant annet for nye muligheter innen industriell produksjon (automatiserte fabrikker, sentralisering av produksjon m.m.), som igjen danner grunnlaget for verdiskapning, næringsutvikling, samfunnsutvikling og i neste omgang for dagliglivet til hver enkelt av oss.

I transportsektoren vil de største fremtidige endringene komme som følge av konnektivitet, automatisering og elektrifisering. Dette, sammen med trender som delingsøkonomi m.m., åpner for nye forretningsmodeller, produkter og tjenester. Automatisering og digitalisering vil medføre store endringer i måten vi produserer varer og tjenester på, hva og hvordan vi forbruker disse, og design og nivå på tjenestene som leveres. Dette vil gjelde i alle samfunnets sektorer og vil i hverdagen kunne binde sammen informasjon og kommunikasjon fra ulike sider på en ny måte. Dette vil gi nye muligheter for organisering av arbeidsliv og en endring i reisebehov og preferanser.

Felles for mange nye transporttilbud og tilhørende tjenester er at disse forutsetter god tilgang til både internett og strøm og dette vil i fremtiden være å betrakte som en grunnleggende forutsetning for transporttjenester – det blir nærmest å betrakte som en «hygienefaktor».

I det følgende gis en kort presentasjon av noen utvalgte teknologitrender. Teksten er delvis hentet fra SINTEF-rapporten «Teknologitrender som påvirker transportsektoren»[5].

Robotikk og automatisering
I flere tiår har roboter blitt anvendt til raske og presise operasjoner innen industriell produksjon. Dagens industrielle roboter kan utføre oppgaver med høy presisjon, repetere oppgavene nøyaktig og pålitelig, og de blir stadig mer avanserte. Kort fortalt handler bruk av roboter om å automatisere noen oppgaver som maskiner kan utføre mer nøyaktig og effektivt enn mennesker. Neste generasjons industriroboter vil kunne samhandle med mennesker for å utføre mer komplekse oppgaver. Tanken er at mennesker skal gjøre det de er best på, mens arbeidet gjøres i samarbeid med roboter som har litt andre egenskaper i forhold til for eksempel repetisjoner, hurtighet og farlige oppgaver. Dette vil påvirke både industriell produksjon og transporter. Eksempelvis vil vi kunne automatisere mange av arbeidsoppgavene på en byggeplass og overlate deler av oppgavene til roboter. En annen anvendelse er å benytte robotikk til inspeksjon og reparasjon av infrastruktur og transportmidler. Innenfor jernbanesektoren er eksempelvis også fjernstyring av signalanleggene blitt mer og mer automatisert. Dette området er under stadig utvikling hvor avanserte metoder for automatisk konfliktdeteksjon vil bidra til ytterligere effektivisering. Togledernes rolle endres fra å styre til å overvåke og kontrollere prosessenes autonomi.

Autonomi
Autonomi kan ses på som en mer avansert form for automatisering. Der hvor automatiserte system planlegges og programmeres på forhånd, vil et autonomt system kunne ta egne beslutninger. Autonomi kan i noen sammenhenger omhandle å analysere informasjon som hentes fra grunnlagsdata. Dette kan for eksempel benyttes til å identifisere hendelser og forutsi mulige fremtidige hendelser, som igjen gir beslutningsstøtte til operatører av fartøy og personell i overvåkningssentraler. I andre sammenhenger kan autonomi omhandle større systemer som for eksempel en flåte av autonome fartøy eller biler. Hvert autonomt fartøy vil ta beslutninger basert på endringer i de omgivelsene de beveger seg i, og skal i prinsippet kunne gjøre dette uten en menneskelig fører om bord. Man ser for seg en stegvis implementering av automatisering i retning autonomi, hvor autonomi forventes å dominere transportbransjen i fremtiden.

Tingenes internett
De fleste av oss har et forhold til internett. På internett knyttes mennesker sammen, og kan utveksle informasjon og tjenester. Tingenes internett (Internet of Things, IoT) er i praksis en utvidelse av dette, ved at gjenstander, transportmidler og infrastrukturelementer kobles sammen og til internett, slik at også de kan utveksle informasjon og tjenester. Et eksempel på dette er at dersom en bil utstyrt med friksjonssensor detekterer glatt veibane, kan bilen selv sende informasjon til andre biler i nærområdet og fortelle disse om faren og anbefale tilpasning av hastigheten. Tingenes internett gjør det mulig å avlese eller styre posisjonen til et objekt, måle temperatur og andre tilstandsparametre, registrere lyd og vibrasjoner, osv. IoT vil om få år være primærkilden for stordata (se nedenfor). Med IoT kan man tenke seg at både infrastruktur, komponenter og transportmidler selv varsler sin tilstand, sin belastning og sitt vedlikeholdsbehov. Koblet til prediktiv analyse muliggjør dette et mer kostnadseffektivt vedlikehold av alle deler av transportsystemene. Tingenes internett er muliggjort som følge av avansert sensorteknologi med mangedobling av båndbredde

[5] SINTEF (2017) Bakken, T. (red.) Teknologitrender som påvirker transportsektoren

og prosesseringskraft som gir lavere kostnad, økt pålitelighet, høyere presisjon, lavere effektforbruk og miniatyrisering av elektroniske kretser.

Stordata
Stordata, (BigData), er datasett som er så store eller komplekse at de er vanskelige å analysere med vanlige dataprosesseringsverktøy. Stordata handler om å gjøre datafangst langs hele verdikjeden og livsløpet for et produkt eller system slik at dataene er til nytte for andre. Stordata hentes fra mange ulike kilder og fås på mange ulike formater. Det er store muligheter for de som evner å nyttiggjøre seg slike data. Et eksempel er data fra mobiltelefoner i et område. Ved å analysere de store strømmene av mobiltelefonenes posisjoner, kan man få informasjon om reisetider og forsinkelser på et veinett, og dette kan videre anvendes til prediksjoner og nytt rutevalg. Et annet eksempel er at stordata kan anvendes til å innføre sømløst vedlikehold basert på sanntidsinformasjon om tilstand. En OECD-rapport fra 2013 [6]anslår at bruk av stordata innen transport og logistikk representerer mulighet for å spare 380 megatonn CO2-utslipp på verdensbasis. Bruken av stordata forventes å øke kraftig (eksponensielt) i takt med utvikling av avanserte analysemetoder.

Programvare
Programvare, er kjernen i kunstig intelligens og maskinlæring, og er en forutsetning for å realisere alle digitale produkter og tjenester. Programvare ligger til grunn for mange av de største teknologiske innovasjonene som mobiltelefoner og tingenes internett, og for de fleste høyteknologiske produkter og tjenester. Det produseres programvare for alle transportformer, både for produkter som inngår i transportmidler og infrastrukturen, for flåtestyring og styring av transporter, for optimalisering av gods- og persontransport, m.m. Autonome systemer avhenger av programvare som muliggjør bruk av kunstig intelligens, kartsystemer og sensordata for slike system. Programvaren er «usynlig» og omtales derfor ofte som den glemte nøkkelteknologien.

Kunstig intelligens og maskinlæring
Kunstig intelligens (Artificial Intelligence, AI) er programvare i datasystemer som er i stand til å gjennomføre oppgaver som vanligvis krever menneskelig intelligens. Eksempler på dette er talegjenkjennelse, beslutningstaking i usikre og stadig endrede situasjoner, læring og oversettelser. *Maskinlæring* er en gren innen kunstig intelligens. Dette er datasystemer som kan løse problemer og lære av egne erfaringer basert på korrigerende input – målet er at de skal gi en «intelligent respons». Maskinlæring innebærer at maskiner er blitt programmert til å analysere store mengder data, finne mønstre og utføre visse kommandoer basert på dette. Maskinlæring brukes blant annet til å forutse hendelser og utfall. Et eksempel er overvåking av drivmaskiner som styrer sporveksler innen jernbane. Systemet lærer seg til hva som er normalverdier, og dersom strømforløpets karakteristikk endrer seg utenfor gitte grenseverdier, går det en alarm som trigger at operatøren undersøker tilstanden og kan iverksette preventivt vedlikehold. I motsetning til vanlige datasystemer, som er ferdig programmert av en programmerer, vil AI-systemer med maskinlæring delvis sørge for sin egen kunnskap og må kunne tilpasse seg nye analyseresultat. Kun AI-systemer med maskinlæring kan lære av egne erfaringer – de må trenes opp til å gi intelligente responser. En gammeldags sjakk-maskin er et eksempel på kunstig intelligens uten maskinlæring. Den lærer ingenting, men gjentar bare en sekvens med predefinerte tester. AI som begrep oppsto allerede på 50-tallet, men blir nå stadig mer aktualisert som følge av tilgang på stordata og prosessorkraft.

Virtuell og forsterket virkelighet
Virtuell virkelighet (Virtual reality, VR) er bygget opp av digitale modeller, hvor mennesket til dels kan sanse virtuelle omgivelser ved å se, høre, lukte og ta på digitale gjenstander ved hjelp av elektroniske hjelpemidler. VR har stort potensiale til bruk i opplæring og trening på komplekse arbeidsoppgaver og læring av feil uten at det får fatale konsekvenser. Eksempler på anvendelse er trening og simulering av kjøreoppgaver, maritime operasjoner m.m. Forsterket virkelighet (AR, Augmented reality) er mer avansert enn VR. Her legger man på tilleggsinformasjon som beriker den virkelige verden og opplevelsen av denne. Tilleggsinformasjonen er relatert til de omgivelsene man beveger seg i, som for eksempel visualisering av holdeplasser i ruteplanleggere. AR vil komme til anvendelse under en reell situasjon i motsetning til VR som er i en

[6] Exploring data-driven innovation as a new source of growth
http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=DSTI/ICCP(2012)9/FINAL&docLanguage=En

hypotetisk situasjon. AR har potensiale for å forbedre beslutningsstøtten og øke kvaliteten og presisjonen på ulike operasjoner. Et eksempel er at man kan gi instrukser og informasjon til en vedlikeholdsarbeider om den komponenten vedkommende arbeider på i øyeblikket.

3D-printing

Additiv produksjon, eller 3D-printing, er en datastyrt prosess hvor man lagvis skriver ut et tredimensjonalt produkt ved bruk av råvarer i form av tråd, pulver eller væske. 3D-printing muliggjør at produksjonen kan flyttes nærmere konsumenter eller andre som skal anvende produktene. For transporter vil utstrakt bruk av 3D-printing bidra til å vri de lange transportene fra ferdigvarer/stykkgods, til transport av innsatsvarer som i stor grad er bulk. 3D-printing kan brukes til tilpasning av produkter, noe som kan endre retningsbalansen for godstransport, men ikke nødvendigvis totalt transportbehov. Store bygnings- og konstruksjonselementer kan allerede nå 3D-printes, og i fremtiden forventes utstrakt bruk av denne teknologien for å produsere reservedeler lokalt, noe som kan øke levetiden til produkter. Dette kan få betydelig innflytelse på godstransporten.

Romteknologi

Med satellittbasert navigasjon, bredbåndskommunikasjon og jordobservasjon er romteknologi blitt en viktig forutsetning for transportområdet. Utviklingen går i retning av at romteknologien blir mindre kostbar og kommersielle aktører og små land er blitt i stand til å utvikle og operere løsninger tilpasset egne behov. Siden 2010 har Norge bygget opp et eget satellittprogram for maritim trafikkovervåking til havs. Samtidig deltar vi i de felles europeiske satellittprogrammene for satellittnavigasjon[7] og jordobservasjon[8]. Romteknologi i nordområdene og havområdene gjør det mulig å ta i bruk nøyaktig og sikker navigasjon, overvåke skips- og lufttrafikk, oppdage oljesøl til havs, og overvåke rasfare og setninger. Minisatelitter er blitt relativt billige og kan brukes til overvåking i svermer av flere sammen.

Nanoteknologi

Ordet «nano» kommer fra gresk og betyr «dverg». Nanoteknologi er en benevning for en milliarddel og er en måleenhet på samme måte som «kilo» er for en tusendel. Nanoteknologi er å utnytte de fysiske egenskapene til partikler, molekyler, atomer eller strukturer på nanometerskala dvs. mindre enn titusenedels millimeter. Et eksempel på anvendelse av nanoteknologi er bruk i belegg som beskytter metall, glass og andre overflater mot korrosjon, riper og væsker. Slike belegg benyttes blant annet i bilindustrien hvor det er utviklet produkter som beskytter frontruten mot riper og dugg. Halvlederteknologi og automatisering i mikro- og nanoelektroniske systemer gjør det mulig å levere stor prosessorkraft fra et økende antall transistorer som tar stadig mindre plass. Disse anvendes blant annet i mobiltelefoner, roboter og datamaskiner. Eksempler er høydemålere i fly, ventiler under vann og miniatyr trykksensor i bildekk.

Fotonikk

Fotonikk er bruk av lys til optisk måling og kommunikasjon. Fotonikk omfatter sensorer, solceller, optisk kommunikasjon og belysning/display. Fotonikk gjør det mulig med berøringsfrie målinger og er derfor en forutsetning for autonomi og robotisering. Utviklingen av autonome transportmidler er avhengig av visuelle systemer med optiske sensorer og kameraer. Fotonikk er også avgjørende for å formidle visuell informasjon. Mye av kommunikasjonen på internett er basert på fiberoptiske kabler, komponenter og lasere.

Blokkjede

Blokkjede, eller Blockchain, og lignende teknologi (distributed ledger technology) bygger på prinsippet om en valideringslenke hvor en node validerer den forrige, helt tilbake til startnoden. Et stort antall noder må manipuleres nærmest samtidig for at man ikke skal bryte en valieringslenke. Dette gjør valideringslenker svært motstandsyktige mot manipulasjon av data i nodene. Denne egenskapen gjør at aktører som i utgangspunktet ikke stoler på hverandre, likevel kan stole på data i en blokkjede. Teknologien gir muligheter for å utveksle data, verdier og forpliktelser uten formelle mellomledd på en trygg og verifisert måte. Det er denne underliggende teknologien som muliggjør at Bitcon, IOTA og andre aktører kan utføre transaksjoner som f.eks. valutahandel og overføring av sensordata. Forsendelser i en logistikkjede vil kunne spores nærmest i sanntid og det kan åpne for enklere logistikk av varer over landegrenser fordi tollmyndigheter kan inngå i

[7] Galileo-programmet
[8] Copernicus-programmet

kjeden. Teknologien har potensiale for offentlig sektor hvor kjeder blant annet kan benyttes til å dokumentere informasjon for offentlige registre som f.eks. folkeregister og førerkortregister.

Batteriteknologi

Batterier er en elektrokjemisk teknologi for lagring av energi. Batterier har gjerne høy virkningsgrad, men er også tunge og store. For å doble rekkevidden til batterikjøretøy må batterikapasiteten økes med noe mer enn det dobbelte, siden en batteripakke med doblet kapasitet vil gi en betydelig økning i totalvekten og dermed energibruken til kjøretøyet. Unntaket er tog, som har så lav rullemotstand, sammenliknet med kjøretøy som bruker gummihjul. Således kan batteri være del av en løsning for tog på strekninger som ikke er elektrifisert med kontaktledningsanlegg. Batteriteknologien utvikles svært raskt, og gir stadige forbedringer i form av økt batterikapasitet, batteristørrelse (vekt og volum) og løsninger for hurtiglading. Denne teknologien er svært sentral for å nå målet om nullutslipp i transportsektoren.

Hydrogenteknologi

Mens batterier både lagrer energi og leverer effekt direkte, leverer hydrogensystemet effekt ved å omgjøre hydrogen til strøm. Hydrogenet lagres i en tank, og brenselcellene leverer effekten i form av elektrisk energi. Ved behov for lengre rekkevidde (mengde energi), økes størrelsen på tanken, mens brenselcellen forblir den samme. For å doble rekkevidden til hydrogenkjøretøy vil dermed størrelsen på tanken måtte dobles, men dette vil ikke nødvendigvis gi et stort utslag i totalvekt for kjøretøyet. Hydrogenløsninger har bedre virkningsgrad enn diesel, men klart lavere enn batterier. I de aller fleste tilfeller vil et brenselcellesystem inkludere et batteri. Strukturen blir den samme som vi kjenner fra dagens hybridbiler, men forbrenningsmotoren skiftes ut med brenselceller. Hydrogenanvendelse innen transport krever utbygde fyllestasjoner tilsvarende som vi kjenner fra diesel og bensin. Det pågår piloter for hydrogenanvendelser i flere transportformer. Markedet for hydrogen i transport er umodent, og det mangler foreløpig lovverk og reguleringer, noe som er en forutsetning for et veletablert marked.

3 DIGITALISERING

Digital infrastruktur og IKT-systemer vil få en avgjørende betydning for forvaltning, drift og vedlikehold av den fysiske infrastrukturen og styring av trafikken/transporten. For å kunne realisere de mulighetene som følger av ny teknologi behøves det tilstrekkelig kapasitet i kommunikasjonsnettverkene. Gevinstrealiseringen forutsetter derfor at kapasiteten bygges ut i områder hvor det er liten eller manglende kapasitet i dag, og at den dimensjoneres for fremtiden.

Vi står midt i det ekspertene omtaler som den fjerde industrielle revolusjon. Digitalisering er en av pilarene og handler både om data og prosesser. Begrepet digitalisering brukes om konvertering av analoge data til digitale. Ordet digitalisering brukes også om datatekniske metoder og verktøy for å erstatte, effektivisere eller automatisere enkelte manuelle eller fysiske oppgaver[9].

Digitalisering er grunnlaget for å fornye, forenkle og forbedre tjenester og produkter. Det handler om å tilby tjenester som er enkle å bruke, effektive og pålitelige. Digitalisering legger til rette for økt verdiskaping og innovasjon, og kan bidra til å øke produktiviteten i både privat og offentlig sektor.

Digitalisering gir nye kundeforventninger, rask teknologiutvikling, store markedsmuligheter, bred regulatorisk utvikling og økt konkurranse, både fra nye aktører og fra utlandet. Uansett hvilken type virksomhet man driver eller hvilken bransje man er i, vil den teknologiske utviklingen endre mye på konkurransevilkårene i fremtiden. Alt som kan digitaliseres vil bli digitalt, og i kjølvannet vil mange produkter, tjenester, yrker og bransjer forsvinne samtidig som nye oppstår.

Digitalisering åpner for utvikling av nye forretningsmodeller som gjør det mulig å koble tjenester fra ulike transportformer, og tilby mer helhetlige og fleksible transporttilbud. Sammen med teknologitrender som automatisering, elektrifisering og stadig smartere transportmidler og infrastruktur vil dette føre til store omveltninger i transportsektoren.

3.1 STANDARDISERING

Den raskt økende digitaliseringen utfordrer det regulatoriske som gjerne trenger litt tid til å etablere og tilpasse lover og forskrifter. Ulike departement er ansvarlig for å gjennomføre de regelverksendringer som må til for å oppnå gevinster og unngå uønskede konsekvenser ved digitalisering i sine respektive sektorer. Regelverk skal være teknologinøytralt. Regjeringen har etablert et digitaliseringsråd som skal bistå statlige virksomheter i å lykkes med digitaliseringsprosjekter. Standardisering blir stadig viktigere som følge av teknologiutvikling. Innføring av digitalisert transport og mobilitet krever felles standarder og regelverk, og EU-direktiver og -forordninger pålegger oss å bruke internasjonale/europeiske standarder.

Standardisering er meget viktig innenfor alle transportsystemer. Dette gjelder både selve infrastrukturen, det utstyret som brukes for å kontrollere og styre transporten i transportsystemet, de transportmidlene som skal benytte transportsystemet, de som skal styre transportmidlene og data for alle disse. Standarder øker konkurransen og bringer kostnadene ned samtidig som det oppmuntrer til innovasjon og åpner nye markeder for leverandører av produkter og tjenester til transportsystemene.

Det er viktig at standardiseringsarbeidet sikrer en forutsigbarhet ved fremtidige investeringer, men også ivaretar allerede gjennomførte store investeringer. I konkurransen om å være først ute, ligger industrien ofte foran standardene og dette gir suboptimale løsninger og kostbare endringer i ettertid. Vi kan få proprietære løsninger og komme i en leverandøravhengig (vendor lock-in) situasjon. Dette er en risiko mange aktører ikke ønsker å ta ved å investere i ny teknologi. Norge er et lite land og vi har liten påvirkningskraft dersom vi har malt oss inn i et hjørne ved å investere før standardene er ferdig utviklet og internasjonalt akseptert.

Standardisering gjøres av de internasjonale standardiseringsorganene. I Europa er dette svært ofte basert på mandater og finansiert av EU-kommisjonen. For Samvirkende ITS er det standardiseringsorganene ETSI, ISO og CEN som dekker ulike deler av standardiseringsbehovet for teknologi og applikasjoner (tjenester).

[9] Kjell Bratbergsengen i Store Norske Leksikon

Medlemslandene i EU, og Norge gjennom EØS-avtalen, vil måtte forholde seg til de samme overordnede retningslinjene. Jernbanesektoren er underlagt de såkalte TSI'ene (teknisk spesifikasjon for samtrafikkevne), og likeledes er både sjø- og luftfart strengt regulert av europeiske standarder og krav.

Flere standardfamilier som transportsektoren vil være avhengig av i fremtiden, utvikler seg delvis i forskjellig retning. Norge har tatt initiativ til å binde disse sammen slik at data kan flyte fritt mellom f. eks. GIS og ITS-området. Slik harmonisering vil være viktigere i standardiseringsarbeidet i årene som kommer.

Ved å engasjere seg i standardiseringsarbeid er det mulig å påvirke de reglene som fastsettes internasjonalt og som også norske aktører må følge. Norge deltar aktivt i dette arbeidet, og vi har ledende kompetanse innenfor maritime løsninger og systemer som skal operere i arktisk miljø.

Sentralt i utviklingsarbeidet står EUs ITS-direktiv fra 2010 med forordninger. De obligatoriske forordningene blir gjennomført i norsk rett som egne forskrifter i ITS loven fra 2015. ITS-loven gir et nødvendig rammeverk for arbeidet med fremtidens smarte løsninger og systemer innenfor veisektoren. De øvrige transportsektorene er underlagt tilsvarende lovverk. Mange transportmidler er mobile globalt, særlig fly og skip, og Norge har tiltrådt konvensjoner i FN-regi, særlig under IMO og ICAO, som gjør denne mobiliteten mulig samtidig som sikkerheten ivaretas. Dette gjør da at Norge også må utvikle sitt regelverk og infrastruktur i tråd med at konvensjonene moderniseres.

Transportsystemer er ofte drevet av offentlige myndigheter, og forskriften for offentlige anskaffelser har klare krav til bruk av standarder ved anskaffelse av produkter og tjenester.

Eksempel på standardisering er etablering av Entur, som gjør reisedata standardiserte og enkelt integrerbare. Dette er kostnadseffektivt for samfunnet, og åpner opp nye bruksområder for kollektivinformasjon og billettering. Et annet eksempel er Bane NOR som skal implementere ERTMS. Med innføring av ERTMS vil store deler av jernbanens signalteknologi moderniseres og standardiseres. Universell utforming er også en viktig del av standardiseringsarbeidet, og omfatter krav til transporttjenester, utforming av transportmidler, grensesnitt til infrastruktur, krav til informasjon og annet. Universell utforming vil blant annet sikre tilgjengelighet til tjenester på tvers av transportformene. Universell utforming åpner også for konkurranse i leverandørmarkedet. Eksempel på dette er ny norsk standard for universell utforming av busser, NS 11031, hvor en forventer store besparelser ved innkjøp av nye busser de kommende år.

3.2 STORDATA (BIGDATA)

Det er en eksplosiv økning i omfang og tilgjengelighet av data. Virksomheter, myndigheter, sensorer og vi som forbrukere genererer store mengder data. Volum, omløpshastighet og variasjon er begrep som benyttes når vi snakker om det nye fagfeltet stordata (Big Data). Tradisjonelt har man hatt tilgang til transaksjonsdata, men nå får man også tilgang på tekstlige data (tolking og analyse av tekst), tid- og lokasjonsdata, sosiale nettverk, sensordata og data samlet inn ved økt konnektivitet og «tingenes Internett».

Stordata legger til rette for innovasjon og nyskaping, men også utfordringer rundt personvern. Samferdselssektoren tar allerede i bruk stordata, men er fortsatt bare i startgropen og bruksområdene vil øke betydelig de nærmeste årene. En anvendelsene er styring av reiseatferd via smarte tjenester for planlegging og billettering/betaling. Dette forutsetter at aktører/tjenesteleverandører har tilgang, eierskap eller bruksrett til store mengder data i kombinasjon med smarte algoritmer. Selskapet Entur har vist en innovativ tilnærming til raskt å ta i bruk svært ulike datasett for å gi et bedre tilbud til de reisende.

Viktigheten av tilgang til data synliggjøres også gjennom begrepet "åpne data". Åpne data handler om å gi næringsliv, forskere og sivilsamfunn tilgang til data offentlig forvaltning har på en slik måte at de lett kan brukes i nye sammenhenger både av mennesker og maskiner. Det er Difi som har ansvar for data.norge.no – Norges offisielle nettsted for åpne offentlige data.

Det er tre hovedgrunner til at tilgang på åpne offentlige data er viktig for samfunnsutviklingen:

- Effektivisering og innovasjon: Når data blir delt mellom virksomheter får vi bedre samhandling, mer rasjonell tjenesteutvikling og bedre offentlige tjenester.

- Næringsutvikling: Næringslivet får mulighet til å utvikle nye tjenester, produkter og forretningsmodeller basert på tilgang til offentlig informasjon.

- Et åpent og demokratisk samfunn: Tilgang til grunnlag for beslutninger og prioriteringer i offentlig sektor gir bedre mulighet til å etterprøve forvaltningen.

Stadig mer offentlig informasjon gjøres tilgjengelig som åpne data og dette muliggjør et hierarki av løsninger/tjenester innen samferdselssektoren.

Internasjonal koordinering er viktig og det er utarbeidet egne forordninger og standarder som detaljerer kravene til blant annet åpne data. Det stilles krav til opprettelse av nasjonale aksesspunkter for informasjonen som kreves, og hvilke formater denne skal gjøres tilgjengelig på, dette gjelder blant annet:

- Multimodal reiseinformasjon for kollektivtransport
- Sanntids trafikkinformasjon for vei
- Data og prosedyrer for sikkerhet på vei
- Interoperabel kommunikasjonstjeneste (eCall)
- Informasjons- og reservasjonstjenester for sikker parkering for yrkestransport

Statens vegvesen er ansvarlig for det overordnede nasjonale aksesspunktet i Norge.

Som et overordnet prinsipp bør det legges opp til bruk av internasjonale standarder der slike finnes. Der slike standarder ikke finnes kan det legges opp til utarbeidelse av nye standarder. Innen samferdsel er det f.eks. allerede gjort et omfattende arbeid for internasjonal standardisering av data spesielt innen ITS-området.

3.3 DATAEIERSKAP OG FORVALTNING

Stordata medfører en fremtid med mange offentlig og private eiere, produsenter og forvaltere av data. Data som er samlet inn av transportetatene og Avinor for interne formål kan få kommersiell interesse og må derfor tilbys konkurransenøytralt. Tilsvarende har vi behov for data fra andre aktører, som for eksempel data fra kjøretøy. Dette gir behov for avklaring av dataeierskap og forvaltning av data.

Framtidens økonomi som er basert på (store) datasett utfordrer individets grunnleggende rett til personvern og blant annet derfor er EUs nye personvernforordning en nødvendig regulering. Det offentliges rolle blir å kunne balansere begge hensynene. Derav innfører Difi grunnprinsippet om at «*Data skal være så åpne som mulig og så lukket som nødvendig*».

Samferdselsdepartementet har fulgt opp Difis målbilde og laget en «strategi for deling av offentlige data i samferdselssektoren». Hensikten er å oppnå økt videre bruk av dataene og gi grunnlag for effektivisering, innovasjon og næringsutvikling. Transportetatene skal på bakgrunn av denne strategien utarbeide egne handlingsplaner som viser hvilke tiltak som planlegges. Det er pekt ut tre innsatsområder som skal følges opp:

- Innsatsområde 1 - lederskap, organisatoriske forhold, kultur og kompetanse
- Innsatsområde 2 - teknisk tilrettelegging, standarder, internasjonalt samarbeid
- Innsatsområde 3 - samspill med eksterne aktører

Det bør lages noen retningsgivende prinsipper for dataeierskap og -forvaltning i samferdselssektoren som kan legges til grunn for innsatsområdene. Målet med strategien er ikke å sette detaljerte krav til den enkelte virksomhet, men å peke ut en retning som de statlige virksomhetene i samferdselssektoren kan bevege seg mot.

Hvilken myndighets- og regulatorrolle skal myndighetene ha i forhold til datafangst, -behandling og -deling? Ser vi på data i et større helhetlig bilde er det et spørsmål om hvorfor og hvordan transportetatene skal beholde det kollektive samfunnsoppdraget hvis det er flere private operatører som etter hvert vil tilby tjenester mot sluttbruker eller kundene. I både overordnet bilde og i konkret bruk av data er det behov for

å lage tydelige målsettinger om hvilken rolle myndighetene skal ha som dataforvalter overfor både private og offentlige virksomheter.

3.4 IKT-SIKKERHET

Digitalisering av samfunnet skaper kontinuerlig nye verdier og utviklingsmuligheter, men utvider også sårbarhetsflatene på systemer, applikasjoner nett og tjenester.

Den stadig økende bruk av digitale tjenester innebærer blant annet at brukere blir mer mobile og bruken av skybaserte tjenester øker. Denne situasjonen gir fordeler, men innebærer også økt kompleksitet ved at data og applikasjoner blir distribuert til flere enheter og lokasjoner. Konsekvenser av dette er økt avhengighet av tredjeparter og at sikringsbehovet for virksomheter og deres informasjonsverdier strekker seg ut over egen virksomhet. Med dette følger også nye typer trusler som må adresseres.

Enkelte nasjoner er svært aktive innen utnyttelse av digitale sårbarheter for å tilegne seg kunnskap, informasjon og teknologi. Angrepene mot IKT-infrastruktur og tjenester øker ved nasjonale konflikter, og det forsøkes aktivt å ta ut/forstyrre nasjonal IKT- infrastruktur og -tjenester. Det vil alltid være en avveining mellom avhengighet og robustheten til løsningene.

Det er viktig å ha et bevisst forhold til hvordan man skal holde kunnskap og teknologi oppdatert og sikret i lys av hurtig utviklende IKT-løsninger. Kritisk utsatte områdene bør identifiseres, og det bør utvikles et helhetlig forhold til IKT-sikkerhet og risikostyring.

Nøkkelpunkter er:

- Tilgjengelighet – systemer er tilgjengelig når man trenger dem – særlig ved sanntidsdata
- Integritet – systemer inneholder korrekte data og ingen kan «tukle» med dem under produksjon
- Konfidensialitet – systemer som inneholder sensitive data (persondata, bedriftshemmeligheter, lovpålagt rapportering) må ikke komme på avveie

Sikkerhet må være en integrert del av prosessene hos alle aktører, både hos utviklere, forvaltere og brukere. Eksempler på ulike typer risiko man kan eksponeres for omfatter:

- Forretningsrisiko, der det er mulighet for direkte eller indirekte tap som skyldes feil i viktige forretningssystemer, prosesser, prosedyrer eller av individer
- Omdømmerisiko, er potensialet for tap eller skade forårsaket av skade på virksomhetens omdømme eller offentlig renommé
- Juridisk og samsvarsrisiko, der potensiale for tap eller skade, som skyldes at rettslige skritt blir tatt mot en organisasjon for å bryte lover eller forskrifter. Dette gjelder for fullt og med økende kraft når GDPR er fullt implementert
- Risiko på samfunnsnivå, hvor sårbarhet for reduksjon i mobilitet og sikkerhet som følge av teknisk svikt eller villede handlinger som kan føre til bortfall av infrastruktur og kritiske funksjoner

3.5 PERSONVERN

Det offentlige er storforbrukere av personopplysninger, og gjenbruker og utveksler personopplysninger på tvers av offentlige virksomheter. Digitaliseringen av offentlig sektor må gjennomføres på en måte som sikrer at personvernet ivaretas.

Det å kunne ferdes anonymt står sentralt i EU-personvernforordning[10] , en forordning som setter strengere krav til håndtering av personopplysninger. Det nye regelverket gir virksomheter nye plikter og samtidig enkeltpersoner nye og sterkere rettigheter, selv om mange av rettighetene og pliktene også var sentrale i den tidligere norske Personopplysningsloven.

[10] 2016/679 GDPR-General Data Protection Regulation

Behandlingsansvarlig

Det skal defineres en behandlingsansvarlig for et system som håndterer personinformasjon, og det skal etableres databehandleravtaler med alle aktører som håndterer personinformasjon. Det kan også være flere behandlingsansvarlige i systemer som har flere instanser med ansvar for personinformasjonen.

Bransjenormer/Atferdsnorm

Datatilsynet anbefaler at det etableres bransjenormer, og allerede i 2012 ble det etablert en egen bransjenorm for kollektivtrafikken i Norge. Denne bransjenormen er basert på at det skal finnes anonyme reisealternativer som ikke er vesentlig prisdiskriminerende. En bransjenorm skal gi et uttrykk for hvordan Datatilsynet tolker skjønnsmessige bestemmelser i regelverket. Atferdsnorm for kollektivtrafikk oppgraderes i henhold til EU-personvernforordning i løpet av første eller andre kvartal 2019.

I bransjenormen for kollektivtrafikk blir følgende grunnprinsipper gjeldende for sektorens behandling av personopplysninger[11]:

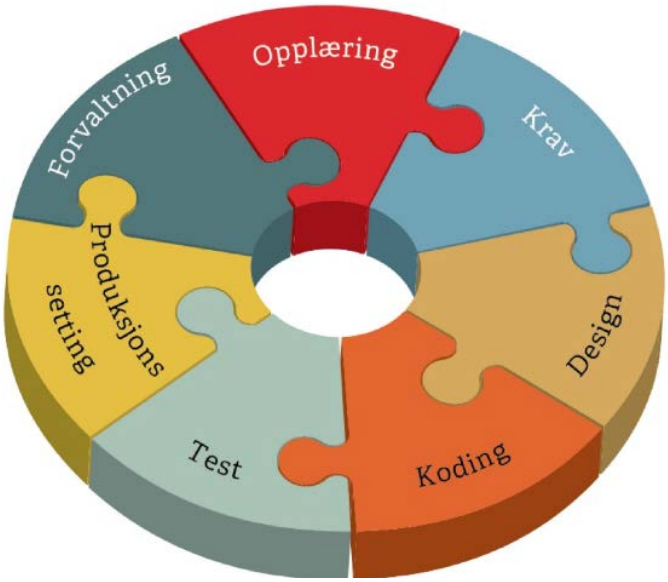
- Aktørene skal iht GDPR sikre at personopplysningene behandles på en lovlig, rettferdig og gjennomsiktig måte slik at de reisende kan forstå hvordan deres personopplysninger blir behandlet
- Personopplysningene skal bare samles inn for spesifikke, uttrykkelig angitte og berettigede formål og skal ikke videre behandles på en måte som er uforenlig med disse formålene
- Personopplysningene skal være adekvate, relevante og ikke strekke seg utover det som er nødvendig for formålene de behandles for, dette omtales som «dataminimering»
- Personopplysningene skal være korrekte og oppdateres om nødvendig
- Personopplysningene skal ikke lagres lenger enn det som er nødvendig for formålene som personopplysningene behandles for og visse lagringstider er nærmere spesifisert
- Ved hjelp av tekniske og organisatoriske tiltak skal personopplysningene behandles med tilstrekkelig sikkerhet, herunder vern mot uautorisert eller ulovlig behandling og mot utilsiktet tap, ødeleggelse eller skade

Disse hovedprinsippene er transparente for all behandling av personinformasjon innenfor transportområdene. Det er viktig at det å kunne ferdes anonymt ivaretas for befolkningen, det er således viktig at det finnes anonyme alternativer for ulike transportformer. Registreringer kan gjøres ved en reise, men transaksjonen kan anonymiseres før den viderebehandles i en sentral enhet, slik at reisemønster ikke kan kobles til person. Det må avklares hvem som er ansvarlig for hvilke opplysninger og hvordan personinformasjonen håndteres. Personinformasjon defineres som enhver opplysning om en identifisert eller identifiserbar fysisk person, herunder også bilens registreringsnummer og et mobiltelefonnummer.

Innebygd sikkerhet (Privacy by design)

Personvern skal være med fra starten i nye IKT-prosjekter, og nye løsninger skal ha høyt fokus på innebygd sikkerhet. Nye systemer må bygge inn sikkerhet og personvern i sine løsninger og prinsippet om å lagre minst mulig personinformasjonen må stå sentralt i løsningene. Data som skal benyttes til statistikk må anonymiseres. Det er særdeles viktig at systemene i høyest mulig grad reduserer muligheten for å overvåke en persons reisemønster og/eller bevegelser.

[11] https://www.jernbanedirektoratet.no/globalassets/documenter/handboker/hb-v821-del-5---bransjenorm-for-personvern-i-elektronisk-billettering.pdf



Figur 3: Programutvikling med innebygd personvern. Kilde: DatatilsynetKilde: Datatilsynet – Programutvikling med innebygd personvern

Grunnlag for behandling av personinformasjon

Det finnes ulike grunnlag for behandling av personinformasjon som må oppfylles for å kunne *registrere enhver form for personinformasjon:*

- Samtykke fra den registrerte
- Nødvendig for å oppfylle avtale
- Nødvendig for å oppfylle en rettslig forpliktelse
- Nødvendig for å beskytte en persons vitale interesser
- Nødvendig for å utføre en oppgave i offentlig interesse eller utøve offentlig myndighet
- Nødvendig for å ivareta legitime interesser - interesseavveining

De mest vanlige formene for grunnlag er avtale og samtykke, men i det offentlige er det å utøve offentlig myndighet ofte anvendt. Ved innhenting av samtykke skal den være gitt frivillig, spesifikt, utvetydig, informert, dokumentert og fritt kunne trekkes tilbake. Dersom brukere av transportløsninger kan identifiseres, må de informeres om hva som lagres og hvilke aktører som har tilgang til data.

Personvern og utvikling

Fokus på personvern i media og på episoder hvor bedrifter og offentlige institusjoner ikke makter å håndtere dette på en god måte synliggjør viktigheten av arbeid med personvern. På en annen side er det grunn til å anta at større hendelser som utfordrer sikkerheten i Europa vil kunne utfordre forordningen i fremtiden, og at konsekvensen kan være at retten til å ferdes anonymt blir svekket. Samarbeidet mellom mange ulike aktører og transportformer i sammensatte systemer, som for eksempel MaaS (omtales i kapittel 8.4), skaper utfordringer rundt personvernet. Det må legges ned et omfattende arbeid i å dokumentere nødvendige aspekter rundt personvern i utviklingen av slike systemer.

4 INFRASTRUKTUR FOR FREMTIDENS SAMFERDSEL

4.1 FYSISK INFRASTRUKTUR

Deler av den fysiske infrastrukturen planlegges for opptil 100 års levetid, mens infrastrukturutstyr og digital infrastruktur har betydelig kortere levetid. Med høy teknologisk endringstakt, vil levetiden for infrastrukturens tiltenkte funksjon i mange tilfeller oppnås lenge før den fysiske levetiden er nådd. Dette stiller krav til infrastrukturen – den må være robust og fleksibel i forhold til teknologiendringer, slik at ny teknologi kan tas i bruk når det er hensiktsmessig på en kostnadseffektiv måte. Dette betyr i praksis at prosesser rundt planlegging, prosjektering og bygging må bli mer kostnads- og tidseffektive, og at infrastrukturen må bli mer «modularisert» eller «komponentbasert», slik at deler kan byttes ut som følge av teknologiske nyvinninger uten at hele infrastrukturen må reetableres. Standardisering vil også være et viktig bidrag i forhold til robusthet.

Ny teknologi kan føre til vesentlige endringer i selve infrastrukturen. Et eksempel på dette er innføring av selvkjørende biler og tog, som vil kreve endringer i hhv. vei- og jernbaneinfrastrukturen. Et annet eksempel er hyperloop som vil kreve en helt ny type infrastruktur. Terminaler er også en viktig del av transportinfrastrukturen. Smarte og helautomatiserte godsterminaler kan føre til at det etableres et slags internett for gods, også kalt *fysisk internett*.

Infrastrukturutstyr

IKT-infrastruktur er en forutsetning for fremtidens transportsystem. De viktigste elementene vil være selve komponentene og sensorer med programvare og kommunikasjonsbærere mellom disse. Det vil være viktig å kartlegge transportmidlenes avhengighet av IKT-løsninger og krav til tilgjengelighet og i hvilken grad transportmiddelet kan operere autonomt og uavhengig av kommunikasjon med transportsystemet. Det må kartlegges dekningsgrad av nødvendig infrastruktur som transportmidlene er avhengig av, hvilke løsninger som er avhengig av hvilke kommunikasjonsbærere og hvilke konsekvenser som følger av bortfall av kommunikasjonsbærere. Eksempelvis benytter svært mange veibaserte løsninger seg av posisjonering ved bruk av GNSS-signaler, mens det i sjø- og luftfart også anvendes annen satellittbasert kommunikasjon som Inmarsat-systemene (ref. punkt 4.2). Tilsvarende er styring av togtrafikken helt avhengig av at GSM-R-nettet er operativt, fordi all togtrafikk innstilles når GSM-R-nettet faller ut.

Kostnadene til drift og vedlikehold vil øke i takt med at infrastrukturen blir mer kompleks og man får økt krav med hensyn til oppetid og redundans.

4.2 Kommunikasjonsinfrastruktur

Alle transportformene bruker ulike digitale kommunikasjonssystemer i dag. Passasjerer og mannskap bruker kommersiell mobilkommunikasjon, skip bruker VSAT og kommersiell mobilkommunikasjon for å koble trådløse nett ombord til Internett. I luft og sjø brukes det i dag digitale kommunikasjonssystemer for nødmeldinger og farevarsling slik som NAVTEX, NOTAM og Inmarsat-systemene.

Digitalisering, konnektivitet og automatisering av framtidens transportsystemer avhenger av digital kommunikasjon med tilstrekkelig kapasitet, robusthet, sikkerhet og dekning. For hver av transportformene vil det bli etablert egne kommunikasjonssystemer som SWIM for luftfart, ERTMS for jernbane, G5 for vei og Vessel Data Exchange System (VDES) for sjøfart. G5 er kommunikasjonssystem beregnet for kort avstand som vil brukes for kommunikasjon direkte mellom kjøretøy (V2V) eller mellom for eksempel skilt langs veien og kjøretøy (V2I). På vei vil kommersielle mobilnett, i første omgang 5G, bli tatt i bruk for å dekke kommunikasjonsbehov over lenger avstander.

Navigasjonsinfrastruktur

Det er i dag 3 ledende satellittnavigasjonssystemsystemer, GPS som er amerikansk, Galileo som er europeisk (EU) og GLONASS som er russisk.

GPS-systemet er blitt det dominerende satellittnavigasjonssystemet i verden etter at det ble tilgjengelig for sivilt bruk i 1996. Norge deltar i det nye felles europeiske satellittprogrammet for satellittnavigasjon, Galileo-programmet. Selv om GPS har vært svært pålitelig, vil bruk av mottakere som utnytter både GPS og Galileo, øke den samlede påliteligheten i navigasjonen. Nye navigasjonsmottakere som kommer i fremtiden vil benytte seg av flere typer navigasjonssystemer. GNSS (Global Navigation Satellite Systems) er et samlebegrep for de forskjellige posisjoneringssystemene.

Selv om nye navigasjonsmottakere benytter flere typer navigasjonssystemer vil infrastrukturen med tradisjonelle navigasjonshjelpemidler, som fyr og sjømerker og det bakkebaserte innflygingssystemet SCAT-1, videreføres av sikkerhetshensyn.

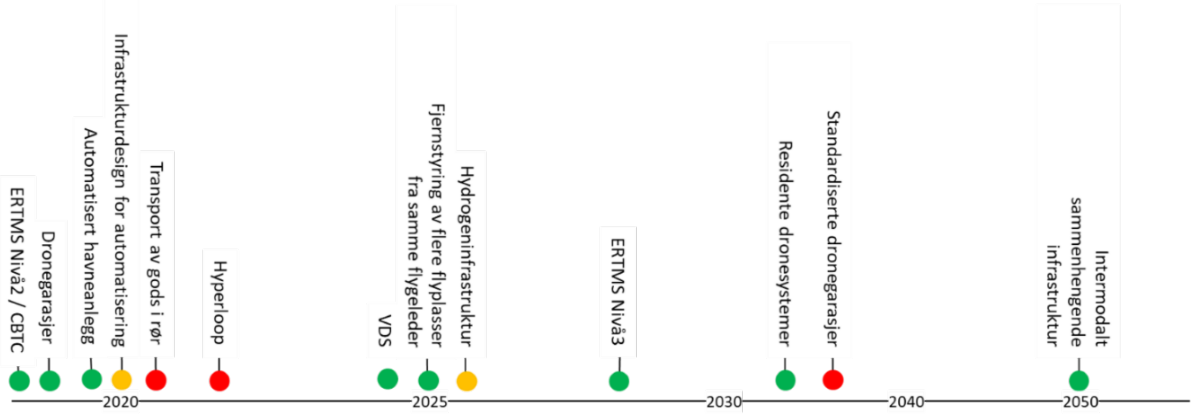
Frem til ca. år 2000 var instrumentbasert, IFR, flyging basert på landbaserte installasjoner som teknologiene ADF (Automatic direction finder), VOR (VHF Omni-Directional Range), DME (distance measuring equipment, ILS (Instrument landing system) og Radar.

Etter år 2000 har satellitt-navigasjon i økende grad blitt utnyttet innen luftfart. Denne kategorien IFR navigering betegnes RNAV. Det er en forkortelse for Area Navigasjon som er definert som en metode hvor et luftfartøy kan benytte en hvilken som helst rute mellom definerte punkter, i motsetning til en direkte rute mellom de definerte punktene.

Bruk av satellittbaserte lokasjonstjenster betyr at man må vurdere problemstillinger knyttet til samfunnssikkerhet og –beredskap, jf. de siste årenes hendelser relatert til jamming av GPS-signaler i Finnmark og andre steder i verden.

4.3 TEKNOLOGIUTVIKLING FYSISK INFRASTRUKTUR

Figur 4 presenterer en tenkelig tidslinje for teknologiutvikling for fysisk infrastruktur. Figuren har hovedfokus på når teknologiene er kommersielt tilgjengelig, men inneholder noe supplerende informasjon om pilotering og implementering.



Figur 4: Tenkelig tidslinje for teknologiutvikling for fysisk infrastruktur[12]. Kilde: SINTEF, transportetatene og Avinor

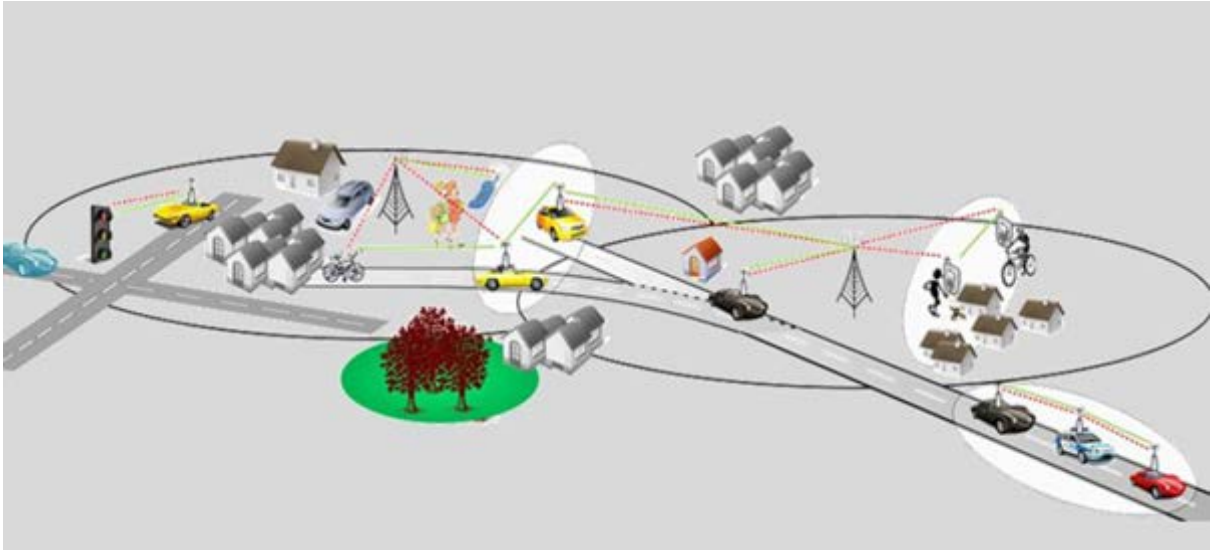
[12] Grønn kule = sikkert estimat, gul kule = middels sikkert estimat, rød kule = usikkert estimat.

5 KONNEKTIV SAMFERDSEL

Konnektivitet i samferdselssektoren er teknologier og applikasjoner som utnytter effektiv datautveksling mellom enheter (fremkomstmidler), aktører, infrastruktur og baksystemer i transportsystemet ved bruk av trådløs kommunikasjon og smart teknologi i kjøretøy og mobile enheter. Begrepet samvirkende ITS er benyttet innenfor veitrafikken, mens tilsvarende teknologianvendelser har andre begreper innen de øvrige transportsektorene. Eksempelvis benyttes begrepet ERTMS [13] innen jernbane og E-navigasjon innen sjøfarten. Innen luftfartsektoren er Eurocontrol et europeisk organ for lufttrafikktjeneste som bl.a. drifter og forvalter konnektivitet mellom fartøy og omgivelsene. *Konnektivitet* er derfor brukt som et samlebegrep.

Konnektivitet har som hensikt å bidra til økt sikkerhet, bedret mobilitet og redusert trengsel i transportsystemet gjennom mer effektiv utnyttelse av transportinfrastrukturen ved at kjøretøy og fartøy kan kjøre tettere og jevnere, angi sin posisjon, destinasjon og kapasitet for andre potensielle passasjerer/gods, sikre korrespondanse mellom modi og kjøretøy mv. I tillegg vil slike teknologier og tjenester kunne gi muligheter for å begrense miljø- og klimautslipp samt arealbruk gjennom styring av transporten og bedre fordeling mellom transportformene. Konnektivitet vil bidra til økt brukertilfredshet blant brukerne av trafikksystemene gjennom sanntids datautveksling og informasjonsdeling.

Figur 5 under illustrerer grunnprinsippene i konnektivitet i samferdselssektoren, her innenfor veitrafikkområdet. Sanntidsinformasjon utveksles mellom kjøretøy, vei-infrastruktur og baksystemer. Prinsippene for konnektivitet er gjeldende for alle transportformer.



Figur 5: Konnektivitet i samferdsel. Kilde: ERTICO

I framtiden vil systemer for konnektivitet i samferdselssektoren åpne for mer komplekse anvendelser med kontinuerlig datakommunikasjon som er rask og kapasitetssterk gjennom hele transportnettverket. Slike løsninger åpner for avansert styring og prioritering av trafikken og helt nye muligheter for å bedre sikkerhet og miljø. Det er viktig at konnektivitet utnyttes bredt innenfor transportområdet, og at teknologi tas i bruk

[13] European Rail Traffic Management System (ERTMS) er et felles europeisk signalanlegg for jernbanen. Systemets hovedprinsipp går ut på at optiske signaler (lyssignaler) langs sporet erstattes av informasjon om kjøretillatelse og hastighet som trådløst sendes direkte til togets førerrom og vises fører i et panel. ERTMS et databasert system som reduserer sannsynligheten for menneskelige feil. ERTMS som system består av følgende:

- ETCS (European Train Control System-hastighetsovervåkning og signalering)
- GSM-R (for kommunikasjon mellom tog og signalanlegg)
- Felles europeiske trafikkregler

Kilde: https://www.banenor.no/globalassets/documents/ertms

for å gi bedre mobilitetstjenester. Det er mulig å integrere både personbiltrafikk, godstransport, kollektivtransport og andre transportformer i dette bildet.

Full utrulling og gevinstrealisering av konnektivitet i samferdselssektoren vil kreve omfattende internasjonal standardisering, samarbeid og harmonisert lovgivning. Transportetatene og Avinor må arbeide både nasjonalt og internasjonalt for å bidra til utvikling og implementering av teknologi som gir oppnåelse av transportpolitiske målsetninger. Utviklingen av ny teknologi og mulighetene som ligger i konnektivitet i samferdselssektoren representerer et paradigmeskifte for transportsektoren, og utviklingen vil stille nye krav til både private og offentlige aktører.

5.1 KONNEKTIV LUFTFART

Luftfarten er i stor grad styrt og regulert internasjonalt, og er avhengig av god og stabil konnektivitet aktørene mellom. I Europa har EU-kommisjonens SES II lovgivning definert rollen Network Manager (NM). Rollen ivaretar nettverksperspektivet i lufttrafikksstyring gjennom samarbeid med de nasjonale lufttrafikktjenestene, lufthavnene og andre aktører. Det er Eurocontrol som utøver denne rollen på vegne av sine 41 medlemsland, inkludert Norge.

For å utnytte og øke kapasiteten i Europa, arbeides det med å etablere ett felles luftrom over Europa, Single European Sky. Mange av Europas ATM-løsninger (Air Traffic Management) er i dag i stor grad bygd opp av teknologi som er opptil flere tiår gammel. Bruk av mer moderne teknologi, økt deling av informasjon og bedre samkjøring av prosedyrer og informasjon på tvers av landegrenser og aktører vil kunne effektivisere bruken av europeisk luftrom.

SESAR er et felleseuropeisk samarbeidsprosjekt som organiserer og koordinerer EU's forskningsaktiviteter som skal lede frem til neste generasjon europeisk luftfart. SESAR-arbeidet følger en overordnet plan[14] som beskriver utvikling av teknologi gjennom flere faser. Visjonen er å modernisere europeisk luftfart gjennom nye eller forbedrede teknologier og prosedyrer som trengs for å imøtekomme trafikkvekst og legge til rette for bedre ytelse både i luftrom og på lufthavner. SESAR skal også sikre at luftfarten bidrar på en god måte til fremtidens sektoruavhengige intelligente transportsystemer i Europa og verden forøvrig. Utvikling av operative systemer og prosedyrer innen luftfart gjøres i regi av SESAR Joint Undertaking (SJU)[15]. Norge har forpliktet seg til å være en del av dette.

Det finnes i dag flere eksempler på at applikasjoner og prosedyrer som bruker underliggende data fra flere kilder, f.eks har NTNU og Avinor i fellesskap utviklet en løsning, IRIS, med en værmodell, nedbørsmodell og banemodell som beregner friksjonsnivå på rullebanen. Hvis piloten får beskjed om at rullebanen er tørr og har god friksjon, kan hjulbremsene brukes så mye som mulig allerede kort etter landing. Da slipper piloten å forbrenne mye drivstoff under motorbremsingen, og det reduserer kostnader og reduserer klimagassutslipp. I tillegg kan bakkemannskapene redusere bruken av kjemikalier på rullebanen hvis IRIS viser at landingsforholdene er gode.

Et annet eksempel er CDM, Airport Collaborative Decision making, for å innhente og bruke informasjon fra de forskjellige aktørene på lufthavnene, for å gjøre prosessene på lufthavnene mer effektive, spesielt ifm. pre-departure og turn around prosessen. Turn around prosessen er prosessen fra et fly lander på en lufthavn til flyet tar av igjen.

I fremtiden regner man med at utviklingen på lufthavnsiden går mot en løsning hvor informasjon fra langt flere prosesser på lufthavnene, både på land- og flyside, samles i et helhetlig system kalt Total Airport Management, TAM[16]. Informasjonen vil bli brukt til å utvide informasjonsutvekslingen i Europa i tillegg til å etablere såkalte ytelsesbaserte lufthavntjenester basert på et sett standarder og terskler. Dette vil øke situasjonsforståelsen på hver lufthavn, og etablere forbedret og forenklet informasjonsutveksling mellom lufthavnene og NM.

[14] ATM Master Plan
[15] Single European Sky ATM Reserarch (SESAR) Joint Undertaking
[16] TAM (Total Airport Management) er en slags påbygning til CDM

Informasjonsdeling og konnektivitet er viktige faktorer i arbeidet fremover for å øke kapasiteten og effektiviteten for trafikk gjennom europeisk luftrom. Mer effektive baner for flyene vil kunne redusere både drivstoff-forbruk og CO2-utslipp.

Trafikkstyringssentraler i luftfart

I Norge har man over noen år testet hvordan flytrafikken på flyplasser kan fjernstyres fra en sentral som er lokalisert på et annet sted enn flyplassen. Ved å fjernkontrollere trafikken fra ett senter har man muligheten til å kontrollere flere flyplasser med små trafikkmengder uten dedikerte ressurser på hver enkel småflyplass. Teknologiutviklingen som kunstig intelligens og mixed reality vil bidra til at fjernstyrte tårnsystemer vil kunne håndtere mer komplekse oppgaver. Det gjenstår å samle erfaringer med fjernstyrte tårn over tid, men det er mulig å se for seg at lufttrafikkstyring kan bli helautomatisert i et lengre perspektiv.

Kontrollsentraler for selve luftrommet har også gått gjennom en utvikling hvor de har blitt mer sentralisert, og de er helt avhengig av konnektivitet med andre aktører. Bruk av norsk luftrom utgjør en finansiell inntektskilde, ikke bare for luftfartøy som lander og tar av på norsk jord, men også for luftfartøy som passerer norsk luftrom.

På europeisk nivå jobbes det med å regulere luftrommet for ubemannet luftfart, som inkluderer både godstransport og persontransport utført av droner. Dette initiativet kalles U-space. Det er ment å være et rammeverk som skal legge til rette for alle slags ubemannede flyvninger, i all slags luftrom og omgivelser, og etablere hensiktsmessige koblinger til bemannet luftfart og lufttrafikktjenester.

5.2 KONNEKTIVE SKIP OG FERGER

FNs maritime organisasjon International Maritime Organization (IMO) regulerer konstruksjon og utrustning av skip. En internasjonal harmonisering av felles standarder og formater er avgjørende for å sikre at alle brukere i en global transport skal kunne nyttiggjøre seg av digital informasjon. IMO utvikler nå et konsept for å modernisere sjøsikkerhets-, og informasjonstjenester for skip. Konseptet kalles E-navigasjon og innebærer digitalisering av informasjonstjenester og informasjon som utveksles mellom skip og myndigheter. I dag er mye av informasjonstjenestene som skip behøver for seilasen begrenset i omfang og i stor grad basert på teknologi utviklet på 1990-tallet eller tidligere tid før bredbånds digital kommunikasjon og digitale kart kom i utstrakt bruk. En god del av informasjonene som er påkrevd for sikker navigering blir fortsatt publisert i papirform som er lite brukervennlig i forhold til moderne digital teknologi.

E-navigasjon tar sikte på å bruke digitale kommunikasjonssystemer og å stedfeste informasjon på elektronisk kart ombord i forhold til hva som til enhver tid er relevant for skipet. Dette er for eksempel informasjon om vær, sjøtilstand, farevarsler, seilingsinstrukser, ruteinformasjon og regelverk, og rapportering fra skip til myndigheter.

Uoppmerksomhet og manglende situasjonsforståelse er en viktig årsak til grunnstøtinger og kollisjoner. E-navigasjon vil styrke sikkerheten gjennom at navigatørene i mindre grad må bruke oppmerksomhet til å lete etter og tolke informasjon fra mange ulike kilder og gjennom innføring av digital støtte, slik som overføring av ruteplaner, for sjøtrafikksentraltjenesten og lostjenesten.

E-navigasjon vil også bidra til en mer effektiv transport gjennom automatisering av anløpsrapportering og bestilling av tjenester i havn slik som kaiplass eller slepebåtassistanse.

E-navigasjon vil kreve innføring av ny teknologi ombord i skip og hos tjenesteleverandører på land, blant annet må AIS-systemet oppgraderes til VHF Data Exchange System (VDES). Mange land har startet utprøving av ulike E-navigasjonstjenester, det er kartlagt om lag 50 ulike slike prosjekter globalt, og resultatene fra dette arbeidet danner grunnlag for standardiseringsarbeidet. I Norge er det, i samarbeid med maritim industri og brukere, gjort prøver av utveksling av seilingsruter mellom fartøy og sjøtrafikksentral, automatisk skipsrapportering og av det digitale kommunikasjonssystemet VHF Data Exchange System (VDES).

IMO tar sikte på å ferdigstille det overordnede E-navigasjons-konseptet med nødvendige resolusjoner i løpet av 2019. Etter dette vil tekniske standarder med detaljer for formater, presentasjon og

kommunikasjonssystem kunne ferdigstilles i de relevante organisasjonene før skip etter hvert gradvis vil bli utstyrt for å kunne gjøre bruk av E-navigasjon.

Figur 6: Konnektivitet i sjøtransport. Kilde: SINTEF

Sjøtrafikksentraler

Kystverket opererer fem sjøtrafikksentraler i avgrensede ansvarsområder langs kysten og i havområdene. Sjøtrafikksentralene har vært gjennom en modernisering og har de senere årene fått nye sensorer og enhetlige overvåkings- og operatørstøttesystemer. Fremover tas det sikte på å utvikle mer automatiserte overvåkingssystemer på sjøtrafikksentralene med kapasitet til å analysere fartøys seilingsmønster i sann tid. Systemene skal gjøre sjøtrafikksentralene bedre i stand til å tidlig avdekke risikofartøy, avvik og potensielt farlige situasjoner. Det tas også sikte på at systemene også vil få kapasitet til automatisk varsling av skip.

En videre utvikling av mer automatiserte systemer for overvåking vil videre gi sjøtrafikksentralene kapasitet til å overvåke en større andel av kysten, inklusiv områder som i dag ligger utenfor sjøtrafikksentralenes tjenesteområder. Mer automatiserte overvåkingssystemer (dynamisk risikoovervåking) er ett av tiltakene som ble lagt frem i Meld. St. 35 (2015-2016) «På rett kurs»[17] for å opprettholde et høyt sjøsikkerhetsnivå på en kostnadseffektiv måte selv ved økt skipstrafikk i årene fremover.

Bærekravene til transponderteknologien (AIS) omfatter ikke alle fartøy. Dette gjør at trafikkovervåkingen til havs og utenfor sjøtrafikksentralområdene ikke registrerer fritidsfartøy, militære fartøy eller små fiskefartøy. Kystverket antar at opptil i størrelsesorden 20% av fartøy i havområdene ikke registreres gjennom AIS-systemet. Gjennom å ta i bruk andre sensorer som kamera eller radar plassert på land eller på satellitter kan sjøsikkerheten styrkes i slike områder.

I dag utføres sjøtrafikksentraltjenestene gjennom talebasert kommunikasjon mellom sjøtrafikksentral og skip. Som en del av innføringen av E-navigasjon vil det bli tatt i bruk digital støtte i tjenesten ved at informasjon slik som seilingsruter, ankringspunkt eller seilingstillatelser vil overføres digitalt mellom sjøtrafikksentral og skip. Dette vil bidra både til økt effektivitet og presisjon i tjenesten.

I en fremtid med økende automatisering, vil det være viktig å finne gode løsninger som sikrer at fartøy med ny og gammel teknologi kan operere sikkert side om side. Et forutsigbart handlingsmønster vil være et viktig element når det gjelder dette. En utvidet rolle til dagens sjøtrafikksentraltjenester kan vurderes. Det kan i

[17] https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-35-20152016/id2502679/sec1

den forbindelse være aktuelt å se nærmere på trafikkavviklingen innenfor luftfarten, som er basert på faste ruter, sertifiseringer, slot-tider med mer.

5.3 KONNEKTIV VEISEKTOR

Gjennom mer enn førti år har man jobbet målrettet for høyere trafikksikkerhet, og omfanget av alvorlige veitrafikkulykker er nå på et historisk lavt nivå. Det er likevel fremdeles altfor mange som blir drept eller svært alvorlig skadet i trafikken. Konnektivitet vil i kombinasjon med aktiv, innebygget sikkerhet i bilene kunne gi betydelige gevinster for trafikksikkerheten. Faren for menneskelige feil elimineres helt eller delvis av at manuelle operasjoner erstattes av automatiserte, og samtidig får bilene varsler og styringssignaler i sanntid basert nøyaktig posisjonsbestemt informasjon.

Det er viktig å merke seg at samfunnsnytten ikke alene vil være knyttet til trafikksikkerhet. Konnektivitet gir også åpenbare effekter relatert til miljø, fremkommelighet og fleksibel varetransport. Konnektivitet kan utnyttes bredt til nye og bedre mobilitetstjenester for både personer og gods. Personbiltrafikk, godstransport, kollektivtransport og andre transportformer kan integreres i dette bildet. Brukerens behov vil skifte avhengig av om han eller hun er fører eller passasjer i en bil, er i kollektivtransportmodus eller ønsker å få uavhengig informasjon og beslutningstøtte.

EU-kommisjonens rapport «C-ITS Platform»[18] har samlet en oversikt over en rekke tjenester som muliggjøres av konnektivitet. Mye av denne utviklingen gjøres av bil- og telekomindustrien, og med begrenset medvirkning fra transportmyndighetene. Myndighetene bør ha et bevisst forhold til hvilken rolle de skal ta mht. regulering og involvering.

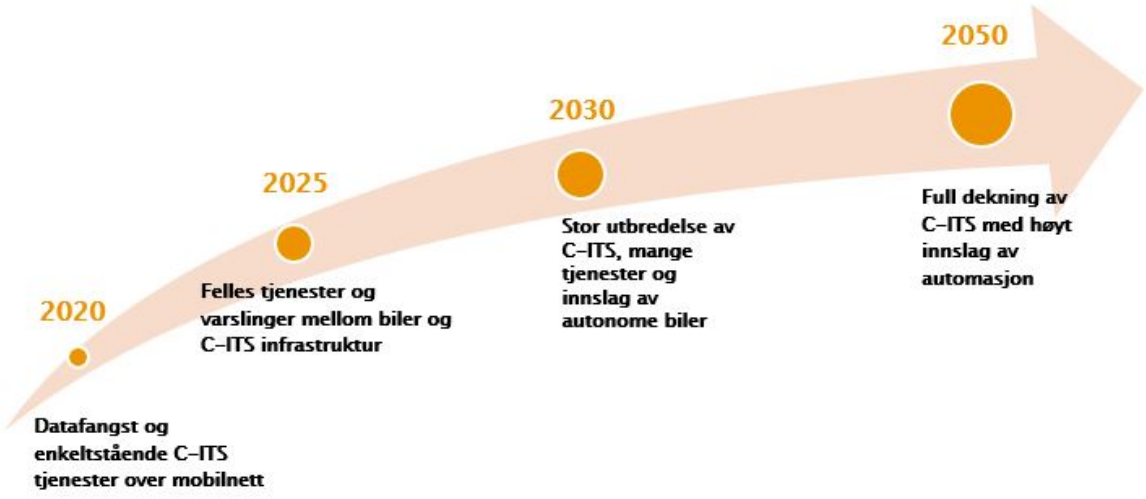
Konnektivitet innen veisektoren blir gjerne omtalt som «Samvirkende ITS» (C-ITS). Samvirkende ITS vil i denne sammenhengen beskrive teknologier, applikasjoner og tjenester som utnytter effektiv datautveksling mellom enheter, aktører og infrastruktur ved bruk av trådløs kommunikasjon og smart teknologi i kjøretøy og mobile enheter.

Hensikten er å forbedre mobilitet, sikkerhet, fremkommelighet og brukertilfredshet gjennom sanntids datautveksling og informasjonsdeling basert på trådløs kommunikasjon og smart teknologi i kjøretøy og mobile terminaler. Utviklingen av samvirkende ITS er under rask utvikling. Myndigheter, bilindustri, telekomindustri, standardiseringsorganer, teknologi- og tjenesteleverandører arbeider tett sammen for å realisere mulighetene som ligger i dette. Det forventes at bilindustrien for alvor vil starte implementering de aller nærmeste årene. I 2018-2023 befinner vi oss i den første fasen av denne utviklingen. I senere faser vil konnektivitet i stadig større grad falle sammen med utviklingen av selvkjørende biler. Figur 7 på neste side viser hvordan internasjonale aktører ser utviklingen i faser mot et fullt utviklet system med konnektivitet (omtalt som C-ITS i figuren) og autonome kjøretøy.

Den digitale vei-infrastrukturen må videreutvikles for at framtidens automatiserte kjøretøy skal kunne oppnå sitt fulle potensial, og en forutsetning for dette er at kjøretøyene er oppkoblet. For at kjøretøyene skal være oppkoblet mot hverandre (V2V) og mot infrastrukturen (V2I) kreves det ulike kommunikasjonsløsninger. De konsept som diskuteres primært er mobilkommunikasjon (4G og 5G), og sendere langs veikanten som baserer seg på trådløs kortholdskommunikasjon (ITS-Stasjoner – ITS G5/DSRC). I tillegg diskuteres også såkalte «hybridløsninger» som benytter seg av begge typer kommunikasjonsløsninger.

Dette medfører nye utfordringer, men også nye muligheter for myndigheter, byer veioperatører, tjenesteleverandører o.l. Svært nøyaktig og sanntidsbasert sikkerhetsinformasjon via kortholdskommunikasjon (ITS-G5) og mobiloppkobling (4G/5G) er allerede forventet å forbedre trafikksikkerheten signifikant i de kommende år. Samvirkende navigasjonsløsninger vil også ha stor betydning for transporteffektivitet og vil som en konsekvens også redusere det miljømessige fotavtrykket av veitrafikk i det hele, som også elektrifisering av bilparken også vil gjøre.

[18] https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/its/doc/c-its-platform-final-report-january-2016.pdf

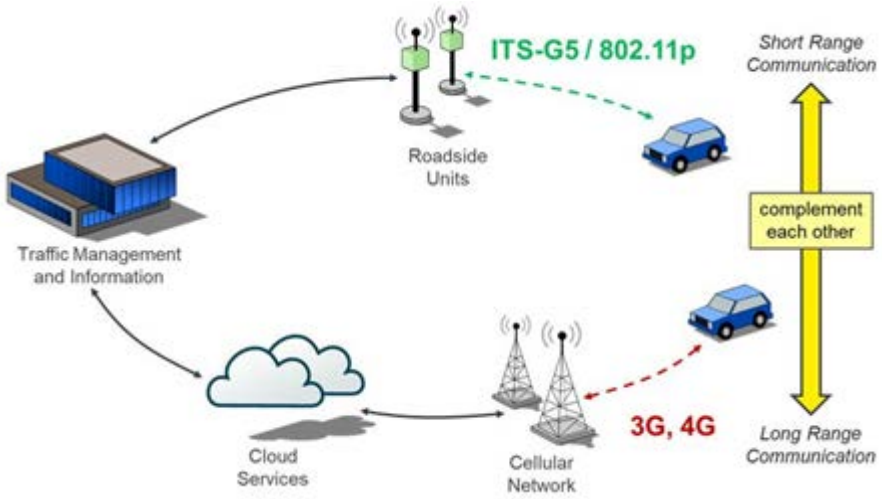


Figur 7: Samvirkende ITS i ulike tidsfaser. Årstallene er usikre. Kilde: Statens vegvesen

Utvikling av en digital vei-infrastruktur vil kreve «intelligent» veikantutstyr som ITS-stasjoner, skilttavler, sensorer mv. for å komplettere og forbedre situasjonsforståelse, posisjoneringsnøyaktighet og nødvendig kontekst for automatisert kjøring. Videre må det etableres nødvendig veikantutstyr for å kunne opprette kommunikasjon mellom kjøretøy og infrastrukturen (V2I). Det er i øvrige land allerede bestemt å implementere ITS G5 ITS-stasjoner eller tilsvarende. Utbygging av et 5G mobilnett i tilknytning til hovedveinettet vil også ha budsjettmessige konsekvenser.

Foruten en kommunikasjonsløsning kreves det også at en har noe å kommunisere med. Det pågår eksempelvis et fellesnordisk arbeid med å utvikle ulike skyløsninger og hvordan informasjon mellom de ulike skyene skal utveksles. I tillegg til at kjøretøyene skal være oppkoblet for å kunne ta imot og dele informasjon, behøver de dessuten informasjon om omgivelsene. Slik informasjon vil primært komme fra digitale kart med høy oppløsning og veidatabaser.

Skissen under viser hvordan kommunikasjonen mellom kjøretøy, infrastruktur og baksystemer kan strømme.



Figur 8: Kommunikasjonsflyt i et samvirkende ITS-system. Kilde: CEDR

Trafikkstyringssentraler i veitrafikken

Statens vegvesen har i dag et overvåkings- og kontrollsystem som opereres gjennom fem regionale vegtrafikksentraler (VTS). Dette kontrollsystemet videreføres og moderniseres nå gjennom etablering av Hendelsesbasert toppsystem (HBT) som en del av prosjekt VTS2020. Utvikling av HBT gjøres i samarbeid med Trafikverket i Sverige. Målet er bedre samordning og standardisering av VTS-tjenestene slik at tjenesten nasjonalt framstår som enhetlig, effektiv og robust. I tillegg søker man å oppnå redusert sårbarhet samt økt kvalitet og effektivitet på VTS-tjenesten. I løsningen inngår funksjonalitet for trafikkstyring og funksjonalitet for produksjon og distribusjon av vei- og trafikkmeldinger. HBT vil kunne levere dynamisk informasjon om tilstand på veinettet (f.eks. en vei stenging) til fremtidens C-ITS løsninger og spesielt automatiserte transportformer.

Fremtidens transportsystem vil ha flere informasjonskilder. Melding om f.eks. en hendelse kan komme fra etatens VTS-tjeneste, fra private aktører (f.eks. Google) eller andre enheter i transportsystemet (V2V, V2I). Det blir viktig å avklare myndighetsrollen i forhold til informasjon og styring opp mot alle andre informasjonskanaler.

5.4 KONNEKTIV JERNBANE

Konnektivitet er viktig for sikker og effektiv togfremføring, og jernbanen har lang tradisjon for systemer basert på konnektivitet. Jernbanen er et komplekst system hvor det stilles store krav til samspillet mellom tog, infrastruktur, tekniske komponenter og systemer for å styre trafikken. Kontroll på togenes posisjon og fart er avgjørende. Fjernstyring av tog begynte allerede i 1947. I løpet av 1960-tallet ble størsteparten av det norske jernbanenettet fjernstyrt. De større stasjonene og knutepunktene forble imidlertid stasjonsstyrt og er det fortsatt i dag.

Alle jernbaneulykker har storulykke-potensial. Det er derfor en betydelig samfunnsoppgave å holde sikkerheten på et høyt nivå. Dagens system for automatisk togkontroll ble introdusert i Norge sent på 1970-tallet etter Tretten-ulykken, som krevde 27 menneskeliv i tillegg til 25 sårede. Løsningen heter ATC (Automatic Train Control) og er basert på kommunikasjon mellom en radiosender montert på svillene (såkalte baliser) og en mottaker i passerende tog. Balisene sender ut informasjon om hastighetsbegrensninger og signalbilder, og informasjonen fanges deretter opp av en mottaker i toget, hvor den analyseres og anvendes til å overvåke og sikre at hastigheten er innenfor de begrensningene som gjelder. Dersom visuelle og akustiske alarmer ikke overholdes, vil systemet starte en automatisk nedbremsing[19]. ATC er et godt eksempel på konnektivitet hvor det utveksles informasjon mellom kjøretøy, komponenter, infrastruktur og baksystemer.

Digitalisering og konnektivitet tar fremtidens trafikkstyring for tog til et nytt nivå. Det felles-europeiske togkontroll- og trafikkstyringssystemet ERTMS (European Rail Traffic Management System) er basert på digital datautveksling og -analyse. Hovedprinsippet er at lyssignaler langs sporet erstattes av informasjon om kjøretillatelse og hastighet som sendes trådløst direkte til togets førerrom og presenteres for fører på et panel. ERTMS [20] er et databasert system som består av hastighetsovervåking, signalering, kommunikasjonsnett og felles europeiske trafikkregler.

ERTMS har potensiale for store gevinster. Manuelle operasjoner erstattes av automatiserte, nøyaktig posisjonsinformasjon er tilgjengelig i sanntid, togene kan i flere tilfeller krysse hverandre samtidig på stasjoner. Systemet reduserer sannsynligheten for menneskelige feil og vil bidra til raskere, sikrere og mer effektiv togframføring. Fullt utbygd ERTMS gir bedre kapasitetsutnyttelse av infrastrukturen fordi det gir en mer optimal trafikkstyring og mulighet til å kjøre tog tettere, noe som særlig gir effekt på strekninger med dobbeltspor. ERTMS legger også grunnlaget for fremtidige selvkjørende tog.

[19] Det finnes to utbyggingsgrader av systemet. Delvis hastighetsovervåking (DATC) overvåker at tog ikke passerer stoppsignaler (rødt lys), mens fullstendig hastighetsovervåking (FATC) i tillegg overvåker at maksimalhastigheten for strekningen ikke overskrides. I Norge er det meste av jernbanenettet utstyrt med DATC

[20] Bane NOR (2014): «ERTMS for dummies 1 – Grunnleggende funksjonalitet»

På lang sikt vil vi kunne få kommunikasjon mellom tog og bil. Dette muliggjør gjensidig utveksling av informasjon om posisjon og retning, noe som kan avverge ulykker og hendelser på planoverganger. Man kan se for seg at det kan fungere som et elektronisk gjerde ved planoverganger eller andre konfliktpunkt.

ERTMS/ETCS [21] skal i framtiden erstatte alle nasjonale togkontrollsystem i Europa. I et midlere tidsperspektiv skal systemet innføres på alle høyhastighetsbaner og godskorridorer (TEN-T nettet[22]), mens det i et noe lengre perspektiv skal dekke hele det europeiske jernbanenettet. Norge har valgt å innføre ERTMS på hele det norske jernbanenettet. Utbyggingen er det største IKT-prosjektet i Norge, med en anbefalt kostnadsramme på 26 milliarder kroner (pr. 2016).

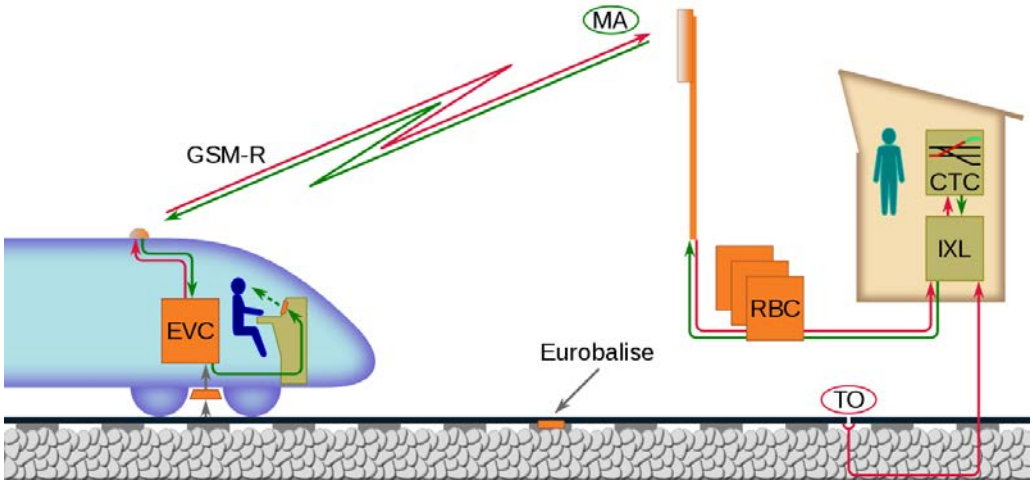
Trafikkstyringssentraler i jernbanen

Med innføring av ERTMS på det norske jernbanenettet vil trafikkstyringen moderniseres. Dagens signalanlegg bruker utvendige lyssignaler langs jernbanen for å styre togtrafikken. Grønt og rødt lys styres fra trafikkstyringssentralen basert på togets posisjon og informasjon om belagt spor. ERTMS sender informasjon og kjøretillatelser gjennom jernbanens eget mobilnett til en datamaskin i kjøretøyene. Det gjør at utvendige lyssignaler og skilt blir overflødige.

I et system som ERTMS benyttes forskjellige modus for å kjøre tog. Hver modus har egne iboende egenskaper, som kjøretillatelse med strekningens tillatte hastighet, kjøretillatelse med hastighetsbegrensning, kjøretillatelse for skifting med hastighetsbegrensning osv. Den største forskjellen ved overgang til ERTMS er at både signalanlegget og toget vil operere med de samme kjøremodi. Både lokomotivfører og togleder på trafikkstyringssentralen må forholde seg til disse modi. Trafikkstyringen blir langt mer automatisert fordi det databaserte ERTMS-systemet har mange egenskaper og funksjoner som dagen anlegg ikke har. Systemet gjør at når informasjon er mottatt av toget kan fører starte toget, og kjøre i henhold til hastighets- og signaleringsinformasjonen som gis i førerpanelet. Skulle fører kjøre for fort eller bremse for sent, vil togets datamaskin overta ansvaret og bremse toget til rett hastighet eller til full stopp. Som følge av ERTMS og ETCS Nivå 2 etableres mulighet for både teknisk og operativ samtrafikkevne. Med teknisk samtrafikkevne menes at tog og infrastruktur snakker samme "språk" (signalteknisk), mens det med operativ samtrafikkevne menes at forskjellige lands jernbaner på sikt kan benytte felles trafikkregler. Dette øker ytterligere mulighet for utvikling av grenseoverskridende togtilbud og økt samordning av trafikkavviklingen.

Trafikkstyringssystemet omtales som TMS (Trafikk Management System). Det norske jernbanenettet styres i dag fra 9 trafikkstyringssentraler. Når ERTMS innføres er planen at antall sentraler reduseres til 3.

Figur 9 under viser hvordan kommunikasjonen mellom kjøretøy, infrastruktur og baksystemer strømmer.



Figur 9: ERTMS nivå 2 er besluttet innført på det norske jernbanenettet. Kilde: Marten de Vries

[21] ETCS – European Train Control System

[22] https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/about-ten-t_en

5.5 KONNEKTIVITET PÅ TVERS AV TRANSPORTFORMENE

Fremtidig konnektivitet vil legge til rette for en mer effektiv kommunikasjon mellom transportformene ved at de ulike sektorenes styringssystemer vil bli i stand til å kommunisere med hverandre. Gjennom dette vil det være mulig å etablere helhetlig styring av hele transportsektoren på tvers av transportformene. Selv om det er teknisk mulig å koble sektorenes styringssystemer sammen i framtiden, vil dette likevel være en svært komplisert oppgave med tanke på organisatoriske og regulatoriske forhold der hver transportform forholder seg til omfattende internasjonale regelverk. Det betyr at det er stor usikkerhet om en slik felles løsning vil være hensiktsmessig eller mulig å realisere.

Overvåking og fjernstyring av trafikk

Alle transportetatene og Avinor har godt utbygd systemer for overvåking og fjernstyring av trafikk, og disse blir stadig mer avanserte etter hvert som ny teknologi muliggjør dette. I fremtiden vil det være mulig å overvåke og styre på tvers av transportformene. Konnektivitet i transportsystemet hvor informasjon fra kjøretøy, komponenter, infrastruktur og baksystemer er en forutsetning for den forventede utviklingen innen overvåkning og fjernstyring.

Overvåking kan gjøres visuelt gjennom utstrakt bruk av kameraer eller satellitteknologi og overføring av bilder/video til overvåkingssentral. Det kan også gjøres basert på teknologi for å telle eller detektere transportmidlene i trafikken. Eksempler på dette er induktive sløyfer i veibanen eller AIS-transpondere på skip. Ny teknologi har åpnet for stadig mer avanserte muligheter for å overvåke trafikk. Sensorikk i infrastrukturen kan detektere transportmidler, men kan også muliggjøre måling av tilstand til disse. Veiing av tunge kjøretøy på vei eller deteksjon av hjulskade på tog er eksempler på dette. Etter hvert som transportmidlene blir stadig mer intelligente og kan diagnostisere sin egen tilstand, kan denne informasjonen deles og registreres i overvåkingssentraler. Tradisjonelt har denne type tellinger eller registreringer vært punktbaserte. Det innebærer at transportmidlene blir registrert på et punkt, og i noen tilfeller kan man følge transportmidlene til neste punkt for å beregne distanse, reisetid m.m. mellom punktene. Noen kjøretøy spores allerede kontinuerlig i dag, mens personbiler spores ikke. Strekningsbaserte registreringer er en forutsetning for veiprising, men hensynet til personvernet har vært en barriere. Datatilsynet har imidlertid nettopp åpnet for GPS-sporing av biler under gitte forutsetninger[23].

Floating car data, FCD, anvendes om teknologier hvor data deles kontinuerlig fra et transportmiddel i bevegelse. Her følges transportmidlene kontinuerlig, noe som gir mer relevant styringsinformasjon enn punktregistreringer. Denne type registrering vil i noen tilfeller bare registrere en strøm, men den i andre tilfeller identifiserer det enkelte transportmiddelet. I det siste tilfellet er det viktig å beskytte personvernet til fører. Et eksempel på FCD som er muliggjort av ny teknologi, er å benytte trafikk fra mobiltelefoner til trafikanter som er i bevegelse (eller for den del, ikke beveger seg på grunn av kødannelser og forsinkelser i trafikken).

Styring av trafikk er nødvendig for å ivareta både fremkommelighet, sikkerhet og effektiv utnyttelse av kapasitet og infrastruktur. Sanntidsinformasjon om trafikale forhold, samt kort- og langtidsprognoser er viktige inngangsdata til trafikkstyringen. Det samme er tilstand på infrastrukturen og eksterne forhold som vind, nedbør, tåke osv. Fordelene ved å fjernstyre trafikken er mange. Det rent åpenbare ved færre lokasjoner og mindre bemanning er en ting, men muligheten for mer automatisert og koordinert styring samt etablering av større fagmiljøer er en annen. Transportetatene og Avinor har ulike tradisjoner for fjernstyring, men de har mange felles utfordringer og muligheter. Disse er ikke unike for transportsektoren. Petroleumssektoren har over mange år utviklet såkalte Integrerte Operasjoner, hvor offshore-aktiviteter overvåkes og fjernstyres fra land. I prinsippet er det mange av de samme utfordringene vi står overfor ved fjernstyring av trafikk.

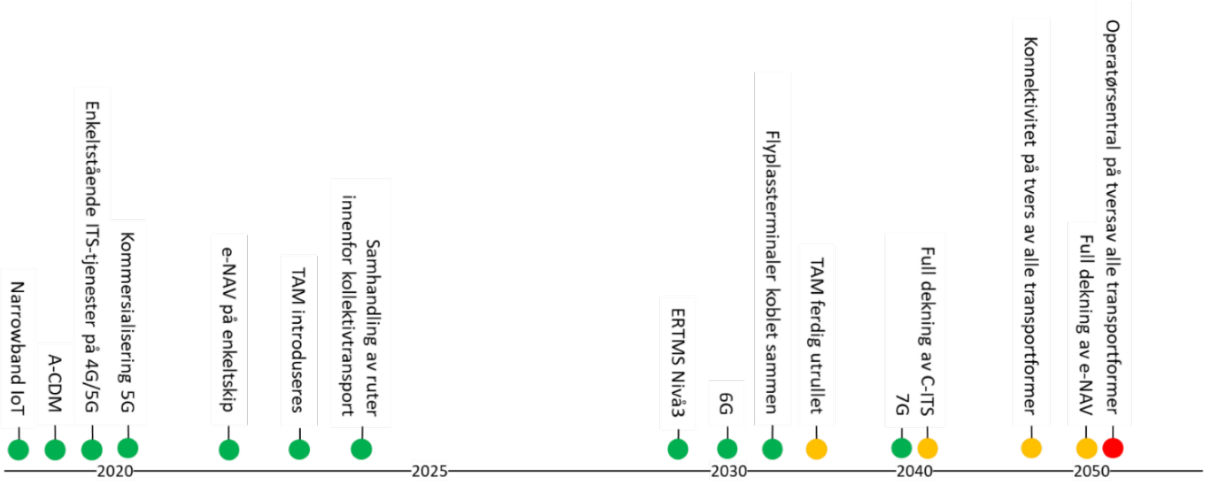
Ved overgang til delingsøkonomi og selvkjørende kjøretøy vil det være sannsynlig at det etableres flere operatører med egen flåtestyring, slik en allerede har innenfor varetransport. Flåtestyring i fremtiden må integreres tett med de nasjonale trafikkstyringssystemene slik at nødvendig informasjon utveksles til alle. Statens vegvesen samarbeider med norsk næringsliv om standardisering og forskning innen enhetlig

[23] https://www.tu.no/artikler/bomstasjonene-kan-bli-byttet-ut-med-veiprising-datatilsynet-sier-ja-til-gps-maling/455037

informasjonsutveksling mellom operatører av flåter av automatiserte kjøretøy og infrastruktureiere. Arbeidet bygger mye på kompetanse og løsninger innenfor det norske maritime miljøet.

5.6 TEKNOLOGIUTVIKLING FOR KONNEKTIV SAMFERDSEL

Figur 10 presenterer tenkelig tidslinje for teknologiutvikling av konnektiv samferdsel. Tidslinjen har hovedfokus på når teknologiene er kommersielt tilgjengelig, men inneholder noe supplerende informasjon om pilotering og implementering.



Figur 10: Tenkelig tidslinje for teknologiutvikling for konnektivitet[24]. Kilde: SINTEF, transportetatene og Avinor

[24] Grønn kule = sikkert estimat, gul kule = middels sikkert estimat, rød kule = usikkert estimat

6 AUTOMATISERT SAMFERDSEL

Automatisering og autonomi vil innebære store endringer for transportmidlene. Automatiserte operasjoner og prosesser innføres gradvis (for eksempel autopilot eller cruisekontroll i alle transportformer), og har allerede gitt store bidrag til både fremkommelighet, effektivitet og sikkerhet. Autonomi og selvkjørende transportmidler innebærer en stor endring i transportsystemet. Teknologien er innført i mindre skala i noen transportformer (selvkjørende metro og tog internt på eller til og fra flyplass), men storskala implementering er foreløpig en stund frem i tid. Teknologien er foreløpig ikke moden, men utvikles stadig og testes ut i virkelig trafikk. Transportmidlene må re-designes og utstyres med sensorikk og intelligens for å kunne ferdes autonomt. De mest tungtveiende motivasjonsfaktorene for innføring av autonomi i transportmidlene er reduserte kostnader til fører, samt høyere kvalitet og sikkerhet på transportene.

Tabell 1: Grad av automatisering

Betegnelser på grad av automatisering			
Vei	Sjø	Bane	Luft
Ingen automatisering Førerassistanse Delvis automatisering Betinget automatisering Høy grad av automatisering Full automatisering	Automatisk bro Periodisk ubemannet bro Periodisk ubemannet skip Kontinuerlig ubemannet skip Automatisk/begrenset autonome skip	Manuell uten togkontroll Manuell med togkontroll Automatisk tog Førerløst tog	Manuell Autopilot, Fly-by-wire Autopilot, Robot copilot Unmanned aerial vehicle Full autonomi

6.1 AUTOMATISERT LUFTFART

Dette delkapittelet begrenser seg til det som tradisjonelt forstås som luftfart i utbredt skala; langtrekkende fly eller helikoptre. UAV'er[25], populært kalt droner, VTOL[26] fartøy og andre typer luftfartøy er behandlet i kapittel 10.2

Den første rudimentære autopiloten for fly ble demonstrert allerede i 1912 og kunne holde rett kurs og høyde uten innblanding fra piloten. I september 1947 fløy en Douglas C-54 Skymaster operert av US Air Force fra Newfoundland til London (takeoff, cruise og landing) helt automatisk. I New York Times ble verdensnyheten rapportert den 23. september 1947 og forklart med at et «robot piloted plane» hadde fløyet ved hjelp av en «mechanical brain».

De siste 70 årene er autopiloter for fly videreutviklet og er i dag til stor hjelp for pilotene, særlig ved dårlig sikt. Det har imidlertid ikke vært aktuelt å tillate fullstendig autonome flygninger med passasjerer om bord.

Teknologien er definitivt til stede for autonome flygninger også med passasjerfly. Tilhengerne av denne utviklingen påpeker at de fleste flyulykker de siste årene skyldes menneskelig svikt, og at autonome flygninger ville eliminert denne risikoen. Videre at luftfart kanskje er den enkleste transportformen å autonomisere fordi en i liten grad trenger å hensynta uforutsette hindringer (fotgjengere osv.). Kritikerne hevder at faren for teknisk svikt fortsatt er for stor eller at selv om automatiseringen av prosessene, flyene og systemene rundt gjør flyvningene sikrere, så vil det forekomme situasjoner hvor menneskelige piloter vil kunne avverge ulykker, som f.eks. Hudson River nødlandingen.

[25] Unmanned Aerial Vehicle
[26] Vertical take-off and landing

e News
Fit to Print"

No. 32,749.

Robot-Piloted Plane Makes Safe Crossing of Atlantic

No Hand on Controls From Newfoundland to Oxfordshire—Take-Off, Flight and Landing Are Fully Automatic

By ANTHONY LEVIERO

WASHINGTON, Sept. 22—A Douglas C-54 Skymaster with a mechanical brain landed without human aid near London today after a robot directed hop from New-

Force spokesmen said. Two ships somewhere in the Atlantic furnished bearings to the Skymaster's brain. She had 3,700 gallons of fuel aboard.

Great Britain several weeks ago had asked as a favor that the Air

Figur 11: Faksimile fra New York Times 23. september 1947

Samtidig som debatten om autonomi i tradisjonell luftfart foregår fortsetter utviklingen av stadig mer intelligente systemer som automatisering av avansert informasjonshåndtering og styringssystemer. Et eksempel på dette er løsninger som robot co-pilot[27] som kan erstatte en av to piloter i et vanlig passasjerfly uten å gjøre større inngrep i fartøyets tekniske kapasitet.

Luftfarten er en kapitalintensiv industri med stor grad av risikoaversjon, så selv om teknologien er tilgjengelig vil innfasing av teknologi skje over lengre tid med tanke på levetiden til eksisterende luftfartøy, behov for både tilpassinger av regelverk og aksept fra passasjerene før autonome passasjerfly blir en realitet. Det er sannsynlig at de første autonome luftfartøy for lengre avstander vil være fraktfly. Vel så viktig som luftfartøyets tekniske kapasiteter er hvordan autonome luftfartøy vil integreres sikkert i luftrommet.

6.2 AUTOMATISERTE SKIP OG FERGER

Interessen for autonome skip startet med MUNIN-prosjektet[28] (2012-2015). I løpet av 2013 og 2014 lanserte så DNV GL Revolt og Rolls Royce sine konseptskip. Etter hvert har det kommet til flere konsept og initiativ, spesielt fra Nord-Europa og Sør-Øst Asia. Interessen for autonome skip er selvsagt knyttet til utviklingen innen droner i luften og autonome biler, men skipstransport har egenskaper som gjør dem spesielt interessante for selvstyrte farkoster:

- Skip er relativt langsomme og opererer stort sett i områder som gir god fleksibilitet for planlegging av reisen. Dette forenkler problemet med automatisk styring.
- Skip er store, og investeringer i automasjon utgjør en relativ lav andel av totalkostnaden.
- Reisene er lange, og gevinstene med å fjerne mannskap kan bli betydelige.

Det er også andre egenskaper som gir gode argumenter for å gjøre skip autonome og ubemannede, selv om det også er en del hindringer som vi kommer tilbake til senere i avsnittet.

Autonomi på skip vil komme i forskjellige former avhengig av hvor automatisert skipet er og hvor eventuelt støttepersonell er plassert. Noen av de viktigste formene er:

- Automatisk bro: Skipet kan seiles automatisk, men med besetning tilgjengelig på broa. Dette er aktuelt for ferger og andre skip i korte ruter hvor optimalisering av forseiling er hovedtema.

[27] https://www.darpa.mil/program/aircrew-labor-in-cockpit-automation-system

[28] http://www.unmanned-ship.org/munin/

- Periodisk ubemannet bro: Automatisert bro som kan håndtere relativt enkle operasjoner som for eksempel seiling på åpent hav i godt vær. Mannskapet kan gjøre andre oppgaver eller ha sovende bakvakt.

- Periodisk ubemannet skip: Skipet seiler ubemannet, men overvåket av et kontrollrom, for eksempel ved seiling over åpent hav. Mannskap kommer om bord for å ta skipet til eller fra havn.

- Kontinuerlig ubemannet skip: Skipet er alltid ubemannet, men overvåkes kontinuerlig av et kontrollrom. Skipet har begrensninger i hva det kan gjøre på egen hånd, så kontrollrommet griper inn i mer kompliserte situasjoner.

Graden av autonomi kan være forskjellig i alle disse tilfellene, men vil normalt være begrenset. De mest aktuelle nivåene er:

- Automatisk: Full-automatisk operasjon for en spesifikk funksjon, for eksempel dynamisk posisjonering eller styring inn til kai. Dersom hindringer eller andre problemer oppdages så vil operasjonen avbrytes og operatøren må umiddelbart overta. Dette er for eksempel aktuelt for automatisk overfart og for å legge til kai for en bilferge.

- Begrenset autonom: Helautomatisk for mer generell forseiling hvor vanlige utfordringer kan behandles av automatikken. Systemet har begrensninger i hva det kan gjøre, for eksempel i avvik fra planlagt reise, og må tilkalle operatør dersom problemer ikke kan løses innen spesifiserte begrensninger. Her tillates det en viss forsinkelse før operatøren griper inn.

Høyere nivå av autonomi er normalt ikke så aktuelt. Skip er kostbare enheter og har stort skadepotensiale hvis noe går galt, så det er lite ønskelig å fjerne kontinuerlig overvåkning. Sett fra regelverkssiden er også kontinuerlig overvåkning enklere, siden man får en person som tilsvarer en kaptein, og kan bruke «ekvivalente» løsninger der regelverket krever at en kaptein tar aksjon eller er til stede.

Figur 12: Automatiserte ferger. Illustrasjon: Kongsberg Maritime AS

Mange utstyrsprodusenter til det maritime har utviklet, eller har under utvikling, systemer som skal automatisere ferger sine kryssinger av fjorder. Det inkluderer også operasjonene med å legge til og fra kai. Systemene vil bidra til å spare energi, og kan ses på som de første skritt på veien til helautomatiserte ferger. Fjord1 og Bastø Fosen har allerede denne teknologien under utprøving.

Fleksible og delvis ubemannede bilferger: Bilferge-samband kan sannsynligvis betjenes mer fleksibelt med hensyn på frekvens og kapasitet ved å bruke en kombinasjon av bemannede og ubemannede ferger. Flere ubemannede ferger kan settes inn i trafikktopper, eller fergene kan kjøres vekselvis, i blanding av autonom og bemannet for å øke frekvens. En utfordring er passasjersikkerhet, men dette kan løses ved minimum sikkerhetsbemanning eller ved å bruke konvoiløsninger hvor en bemannet ferge er i nærheten i nødstilfelle.

Autonom tilkallingsferge til småsamfunn: En del småsamfunn er avhengig av båttransport for folk og biler. Her kan det være interessant å se på ubemannede ferger som kan tilkalles ved behov. På grunn av persontransport må man også her gjøre spesielle tiltak, men for små samfunn kan dette antagelig bestå av å gi et antall innbyggere spesialopplæring på å betjene sikkerhetsutstyr. Fergen kan i prinsippet opereres gjennom hele døgnet og uavhengig av helligdager.

Ubemannet kortdistanse skipstransport: Et eksempel på dette er Yara Birkeland som skal gå i fast trafikk mellom tre terminaler. Dette gir gode muligheter til å begrense og avskrive infrastrukturkostnader som ellers

kan være begrensende for autonom skipstransport. Et annet prosjekt utvikler tilsvarende konsepter for bruk i grus- og tømmertransport i Trondheimsfjorden (ASTAT). Dette prosjektet er mer generelt og ser på en svært vanlig form for bulktransport. Alle disse konseptene er i hovedsak rettet mot å reetablere skipstransport som et konkurransedyktig transportalternativ til bil og redusere utslipp av klimagasser. Konseptene gir også fordeler ved å redusere støy, støv og generell belastning på veinettet.

Figur 13: Yara Birkeland. Foto: Yara/Kongberg/Marin Teknikk

Det elektriske og autonome containerskipet Yara Birkeland skal leveres fra Vard Brevik i februar 2020. Det første året skal det ha mannskap plassert i en brocontainer med mannskapsfasiliteter. I 2021 vil det gradvis bli autonom seilas, overvåket fra et kontrollrom på land.

Effektivisert kysttransport: Varianter av autonome kortdistanseskip kan brukes i integrerte transportkjeder for kysttransport. Her kan man for eksempel sette opp større og bemannede skip i hurtige og høykapasitets kystruter med relativt få havneanløp, hvor ubemannede skip tar transporten fra hovedhavnene til mindre kaier i fjordene og langs kysten. Dette vil kreve automatisk omlasting og ny infrastruktur. Deler av denne infrastrukturen kan faktisk komme av seg selv i forbindelse med elektrifisering av bilfergene hvor man vil trenge automatisk fortøying- og landstrømløsninger som også kan brukes av lasteskip, for eksempel på nattestid.

Eksemplene over dekker i hovedsak mindre skip i nasjonale transportsystem. På grunn av regelverk og teknisk kompleksitet er dette relativt «lavthengende frukter» hvor forretningsmodellene er nokså opplagte. I internasjonal og interkontinental trafikk er det andre forhold som kan være litt mer utfordrende. Et betydelig problem er å bygge skip som kan seile i flere uker uten at mennesker er tilgjengelig for drift og vedlikehold. Sannsynligvis vil dette bety at disse skipene ikke kan bruke tungolje som drivstoff, men må bruke dyrere energibærere med maskineri som er lite vedlikeholdskrevende. Man vil også trenge mer redundans i fremdrift som betyr at man må gå fra en stor og mer effektiv maskin til to mindre og vanligvis mindre effektive. Siden drivstoff er en stor andel av driftskostnadene for større handelsskip, så blir dette en utfordring. På den annen side er det viktig å notere seg at autonome skip ikke er konvensjonelle skip uten mannskap. Autonome og ubemannede skip gir helt andre muligheter for å lage nye skipsdesign og dermed helt nye forsyningstjenester som totalt sett er mer effektive enn dagens. Det er derfor vanskelig å spå noe som helst annet om fremtiden enn at den blir annerledes enn dagens situasjon. Vi ser dette allerede ved at nye aktører kommer inn i skipstransport. Et eksempel er Yara Birkeland hvor det var vareeieren Yara som tok initiativet til å utvikle et ubemannet skipskonsept for transport av gjødsel.

Havnene er avgjørende for å styrke sjøtransporten og overføre mer gods fra vei til sjø. Effektivisering og automatisering av havneoperasjoner vil bidra til redusert tidsbruk i havn og dermed lavere kostnader for skipsfarten. Eksempler på dette er at utstyr for lasting og lossing av skip effektiviseres gradvis av produsent. Enkelte havner (som Risavika Havn, Sola) har investert i «Smart gate» for mer effektiv styring av lastebiltransporten inn og ut av havnen, og noen havner har investert i automatisk fortøyningssystemer for å redusere tid og kostnader når skip legger til og fra kai (som LKAB, Narvik). Automatisert godshåndtering finnes foreløpig ikke ved noen godsterminaler i Norge, men i tilknytning til Yara Birkeland-prosjektet utvikles det automatisert godshåndtering ved Yaras fabrikk i Porsgrunn. Det er etablert automatiserte containerterminaler i store havner som Rotterdam, Hamburg, Los Angeles og Shanghai. I en fersk rapport vurderer McKinsey at vellykket automatiserte havner har et betydelig potensial for økt produktivitet og reduserte driftskostnader, men de viser også til driftsresultater fra dagens terminaler som viser at

kostnadsreduksjonen er mindre enn forventet og at produktiviteten i noen tilfeller også reduseres[29]. Utfordringer for å ta i bruk og utnytte denne teknologien er høye investeringskostnader, tilgang på kompetanse, samt mangelfull digitalisering og svak datakvalitet.

6.3 AUTOMATISERT VEISEKTOR

Automatisering innen veisektoren er allerede i gang men viktige aktører innen dette fagfeltet har ulik oppfatning av når vi vil se fullautomatiserte kjøretøyer uten at det er behov for en person som skal kunne ta over kontrollen. De ulike prognosene for innføring av fullt automatiserte biler varierer fra "innen noen år" til "2085 og senere". Flere studier anslår at automatiserte kjøretøyer på nivå 3-5 vil begynne å bli en naturlig del av veitrafikken fra 2030-2050. Tabell 2 på neste side viser en beskrivelse av nivåene for automatisering av kjøretøyer.

Figur 15: Pilotering av selvkjørende shuttlebuss på Fornebu. Kilde: OBOS

Figur 14: Selvkjørende anleggsmaskin. Kilde: VCE

Figur 16: Volvos autonome, elektriske og hytteløse konseptkjøretøy Vera

Introduksjonen av automatiserte kjøretøyer har kommet lengst for personbiler og busser. Det pågår flere norske piloter med shuttelbusser og flere operatører har ambisjon om at automatiserte busser vil bli satt inn i kommersiell drift i løpet av få år. Bruk av automatiserte lastebiler og platooning vil også i noen år være begrenset til piloter, og da på lukkede områder og på spesielt klargjorte veistrekninger. Selvkjørende masse-transport er testet ut og innenfor jord- og skog-bruk har selvkjørende maskiner vært i bruk i lengre tid. Ved snøbrøyting på flyplasser er selvkjørende maskiner tatt i bruk.

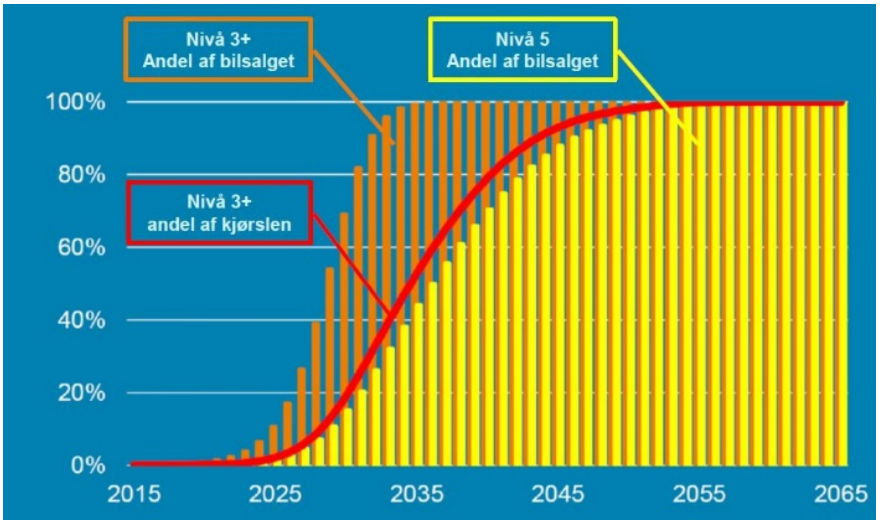
Den teknologiske utviklingen som understøtter automatisert transport gjør store fremskritt for hvert år men fra å være i en pilotering til en fullskala migrering ligger det mange utfordringer fremover. Automatiserte kjøretøy kan være en utfordring for vei-infrastruktureiere- og forvaltere. Kjøretøyene vil i stor grad kreve kontinuerlig kommunikasjon mellom det enkelte kjøretøyet og infrastrukturen. Dette krever utbygging av denne type kommunikasjonspunkt.

[29] McKinsey (2018): The future of automated ports

Tabell 2: Taksonomi over nivåer av automatisering av kjøretøy. Kilde: SINTEF/SAE

Nivå	*Navn*	*Beskrivelse*	*Føreroppgaver*		*Reserve-løsning for fører-oppgavene*	*Funksjonelt virkeområde*
			Grunn-leggende kontroll av kjøretøyet	*Detektering av og respons på objekter og hendelser*		
Nivå 0 – 2: Fører utfører alle eller deler av føreroppgavene						
0	**Ingen automatisering**	Fører utfører alle føreroppgaver, men kan støttes av aktive sikkerhetssystemer	Fører	Fører	Fører	Ubegrenset
1	**Førerassistanse**	Systemet for automatisert kjøring utfører enten kontroll av kjøretøyet sidevegs eller i kjøreretningen gitt de gjeldende forutsetningene i det aktuelle virkeområdet. Føreren utfører resten av føreroppgavene, men kan støttes av aktive sikkerhetssystemer.	Fører og System	Fører	Fører	Begrenset
2	**Delvis automatisering**	Systemet for automatisert kjøring utfører kontroll av kjøretøyet sidevegs og i kjøreretningen gitt de gjeldende forutsetningene i det aktuelle virkeområdet. Føreren utfører resten av føreroppgavene, men kan støttes av aktive sikkerhetssystemer.	System	Fører	Fører	Begrenset
Nivå 3 –5: Systemet for automatisert kjøring utfører alle føreroppgavene						
3	**Betinget automatisering**	Systemet for automatisert kjøring utfører alle føreroppgaver gitt de gjeldene forutsetningene i det aktuelle virkeområdet. Bruker av kjøretøyet er klar til å ta over i en reserveløsning etter forespørsel fra systemet.	System	System	Bruker klar til å ta over som fører	Begrenset
4	**Høy grad av automatisering**	Systemet for automatisert kjøring utfører alle føreroppgaver og reserveløsning gitt de gjeldene forutsetningene i det aktuelle virkeområdet.	System	System	System	Begrenset
5	**Full automatisering**	Systemet for automatisert kjøring utfører alle føreroppgaver og reserveløsning. Ingen begrensinger mht. virkeområde.	System	System	System	Ubegrenset

En av de store utfordringene vil være hvordan en skal håndtere innfasing av selvkjørende kjøretøy sammen med dagens kjøretøy. Figur 17 på neste side viser at denne innfasingen kan vare i 20-30 år.



Figur 17: Estimert innfasing av automatisert teknologi. Kilde: Framtidens transport 2017

En annen analyse[30] og vurdering av hvor nær de nordiske land er innføringen av automatiserte kjøretøyer, peker på hva som må gjøres for at veinettet skal være i stand til å ta imot kjøretøyer på nivå 5. Sentrale spørsmål som stilles er:

- Regulering: Hvilke standarder definerer når autonome kjøretøyer er klare for å kjøre på det åpne veinettet, og hvordan tas beslutningene?
- Overholdelse av lover og regler: Hvordan håndheves lovene?
- Forsikring: Hvem har ansvaret når noe går galt?
- Kunder/brukere: Hvorfor ønsker brukere førerløse kjøretøyer? Hva ønsker andre trafikanter?
- Veiene: Hvordan må veiene tilpasses i Norden for å ta ut hele potensialet i automatiserte kjøretøyer?
- Policy: Hvilken policy behøves for å støtte opp introduksjonen av automatiserte kjøretøyer?

Disse utfordringene overlapper hverandre. Forsinkelser på ett område kan påvirke arbeidet på andre. Selv om noen teknologiske utfordringer er i ferd med å løses, vil utstrakt bruk av automatiserte kjøretøyer ikke skje dersom de sosiale og legale utfordringene ikke er løst.

Norske aktører ligger langt fremme internasjonalt i arbeidet med å legge til rette for fremtidens selvkjørende transport på vei. En ny rapport er lansert i serien Autonomous Vehicles Readiness Index[31]. Dette er en indeks som rangerer hvor forberedt ulike land er på innføring av selvkjørende kjøretøy i transportsystemet. Norge er nå rangert som 3. best i verden. Rangeringen har tatt utgangspunkt i følgende fire sentrale mål for hvor beredt de enkelte land er for innføring av selvkjørende kjøretøy:

- Politikk og lovgivning: Norge har implementert lovverk for uttesting av automatiserte kjøretøyer på vei. En rekke operatører er i gang med uttesting av selvkjørende buss-tjenester.

- Teknologi og innovasjon: Det eksisterer nå nasjonale virksomheter som er inne på leverandørsiden (tjenester og varer). I tillegg har Norge den høyeste markedspenetrasjonen av elektriske kjøretøyer som er et godt grunnlag for automatiserte transportløsninger på vei.

- Infrastruktur: Norge er rangert på 7. plass når det gjelder "automation readiness" og infrastruktur.

- Brukeraksept: Evalueringer av forsøkene med selvkjørende busstjenester antyder høy brukeraksept av slik teknologi. Dette kan også henge sammen med andelen elektriske kjøretøy som til en viss grad er klargjort for autonom kjøring.

[30] PA Consulting Group 2017: How long is the road to driverless vehicles?
[31] KPMG 2019, 136024-G: 2019 Autonomous Vehicles Readiness Index

6.4 AUTOMATISERT JERNBANE

Automatisering og autonomi vil i økende grad dominere jernbanesektoren og rullende materiell. Mange operasjoner er allerede automatisert, som for eksempel automatiske dører, og mye av føreroppgaven. Den er likevel fremdeles mange manuelle operasjoner som har potensiale for automatisering. Eksempler på dette er manuell billettkontroll, innsjekking på nattog osv. Flytoget har automatisk billettkontroll, mens dette ikke er innført på NSB som jo har større variasjon i takster.

Autonomi i jernbanesektoren har allerede vært i bruk innen bybaner, tilbringertjenester til flyplass og interntransport på flyplass. Autonomi i bybaner/metroer er mindre kompleks enn i konvensjonelle tog. Metro er et lukket system, hvor alle tog går i samme retning og det er liten eller ingen interaksjon med andre transportmidler eller trafikanter. Autonom metro finnes blant annet i København. Tog som ikke går i lukkede system, har en langt mer kompleks utfordrende situasjon hvor stor del av infrastrukturen er enkeltsporet og med varierende frekvens av kryssingsspor. På denne infrastrukturen er det også interaksjon med bil, personer og dyr på planoverganger, samt vilt som krysser spor eller på vinterstid i noen tilfeller går i sporet på grunn av mye snø i landskapet. Skal man operere autonome tog på denne infrastrukturen, vil det kreve flere sensorer og mer kompleks programvare. ERTMS legger til rette for å ta et steg videre i automatiseringen; I 2018 ble ATO (Automatic Train Operation) innført på tog i ordinær trafikk med ERTMS i England (Thameslink). ATO er i prinsippet selvkjørende tog. På grunn av risiko omtalt over, så er fører fortsatt med som driftsovervåker, og kan gripe inn ved behov.

Ved enkle og avgrensede strekninger er det innført autonome tog på flere strekninger. Dette finnes for eksempel i London (Docklands Light Railway), San Fransisco og Düsseldorf. Her er imidlertid infrastrukturen på mange måter mer lik en metro enn konvensjonelle togstrekninger i Norge. I Australia har Rio Tinto utviklet førerløs togoperasjon. Rollout av systemet ble ferdig i slutten av 2018. Dette transportsystemet muliggjør nøyaktig rapportering av nestenulykker og inkluderer informasjon som muliggjør hendelsesundersøkelser, noe som gjør at de kan forbedre togtransporten kontinuerlig. Andre steder kan man ha større utfordringer blant annet på grunn av forskjellig signalsystem langs linjen og mer tettbebygde strøk.

Figur 18: Førerløst metrotog på Vanløsa stasjon i København. Foto: Wikimedia commons

Den førerløse metroen i København ble åpnet høsten 2002. Togene har en gjennomsnittlig hastighet gjennom byen på 40km/t inkludert stopp ved stasjoner, og med topphastighet på 80km/t. Mer enn 63 millioner reisende benyttet metroen i 2017. *Kilde: Metroselskapet*

Utviklingen av autonome tog er sterkt linket til utviklingen av autonome biler og båter. Forskning og innovasjon innen dette området har nærmest eksplodert de siste to årene, så man kan forvente seg en sterk utvikling for alle bransjene da mange av utfordringene er like.

SNCF i Frankrike har mål om å ta i bruk autonome tog som vil operere langs de høyhastighets TGV-linjene innen 2023. Foreløpig ser de for seg at togoperatører på kort sikt vil være ombord for å takle nødsituasjoner og uventede hendelser. Disse linjene har likheter med korridorene man har for bybaner hvor man bruker automatiske tog. Det er grunn til å tro at man allerede i 2030 kan ha muligheten for å ta i bruk autonome tog, også på andre linjer.

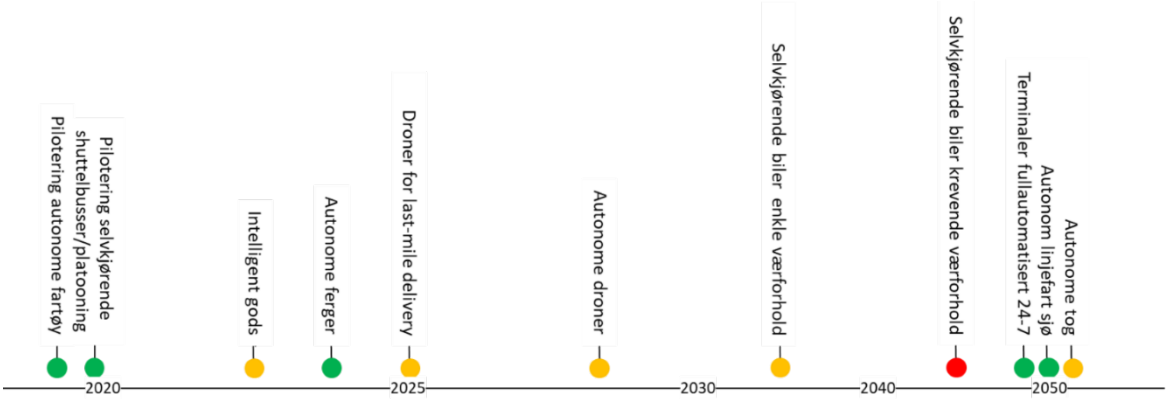
Ifølge International Association of Public Transport (UITP) er det gitt fem grader av automatisering. Disse er fritt oversatt til norsk i Tabell 3.

Tabell 3: Beskrivelse av autonominivåer for tog

Grad av automatisering	Navn	Beskrivelse
1	Manuell, uten togkontroll (ATC)	Fører har all kontroll og kan passerer rødt signal
2	Manuell, med togkontroll (ATC)	Fører har all kontroll, men stoppes automatisk for rødt signal om fører ikke bremser toget
3	Automatisk tog (ATO)	Fører overvåker toget, men toget fremføres uten at fører påvirker start, stopp eller hastighet
4	Førerløst tog (UTO)	Ingen fører ombord i toget

6.5 TEKNOLOGIUTVIKLING FOR AUTOMATISERT SAMFERDSEL

Figur 19 presenterer en tenkelig tidslinje for teknologiutvikling innenfor automatisert samferdsel. Tidslinjen har hovedfokus på når teknologiene er kommersielt tilgjengelig.



Figur 19: Tenkelig tidslinje for teknologiutvikling for automatisert samferdsel, kilde SINTEF og transportenhetene[32]

[32] Grønn kule = sikkert estimat, gul kule = middels sikkert estimat, rød kule = usikkert estimat

7 ENERGI/LAVUTSLIPP I SAMFERDSEL

Transportsektoren må realisere betydelige reduksjoner i utslipp av klimagasser dersom vi skal nå nasjonale mål om et fremtidig lavutslippssamfunn. Alle transportformene har derfor et langsiktig mål om å redusere forbruk av fossilt brensel, noe som medfører endring i retning av elektrifiserte eller hydrogendrevne transportmidler, samtidig som andre energibærere som biogass eller LNG vil bidra. Transformasjonen er allerede i gang innen alle transportformene i Norge. Avinor har nylig fått sitt første batteridrevne fly, deler av jernbanenettet har vært elektrifisert i mange tiår - energioverføringen skjer via kontaktledning og strømavtaker. Den norske bilparken har en av verdens høyeste andeler av elektrifiserte biler, elsykler vinner terreng og skipsfarten tar i bruk nye elektrifiserte løsninger både i skip og ved landstrøm ved havneanløp.

Endringene er gjennomført ved bruk av teknologi som gjør det mulig å både produsere og lagre miljøvennlig energi mer kostnadseffektivt enn tidligere. Utviklingen innenfor batteriteknologi har bl.a. gjort at person- og varebiler er tilnærmet konkurransedyktige med biler som bruker fossilt brensel. Teknologien er også under utvikling for tyngre fly og skip, og initiativer fins for tunge godstog, men konkurransedyktige løsninger vil kreve fortsatt utvikling for å føre til større endringer. Hydrogen som energibærer har lenge vært utpekt som en framtidig løsning, og har nå begynt å finne en rolle som komplementær til batterier innenfor tog, tungtransport, ferjer, o.l. Det er for tidlig å si hvilken arbeidsdeling man vil se mellom batterier og hydrogen i fremtiden. En kilde til usikkerhet for veitransport er blant annet teknologi for dynamisk induktiv lading. Teknologien er demonstrert, men både standardisering, interoperabilitet og markedspotensiale bidrar til stor usikkerhet om hvordan fremtidens veitransport vil forsynes.

Uavhengig av energiproduksjon, -lagring og -fremføring vil en del andre teknologier bidra til mer effektiv utnyttelse av ressurser. Teknologier som muliggjør autonomi (sensorikk, analyse og avansert styring) samt konnektivitet (kommunikasjonsteknologi, informasjonsinnsamling og -deling) vil legge til rette for mer effektiv utnyttelse av også energiressurser. Nye måter å operere på, eksempelvis bedre balansering av tilbud og etterspørsel, platooning for veitransport, kurvede innflyvninger i luftfart, m.m. vil også i fremtiden være viktige mekanismer for å redusere klimautslipp fra transportsektoren.

7.1 ENERGI/LAVUTSLIPP LUFTFART

Den største utfordringen for luftfarten er at trafikkveksten er større enn utslippsreduksjonene, slik at de samlede klimagassutslippene fra norsk luftfart vil øke hvis det ikke gjennomføres tiltak.

Både utvikling av flyene, motorene, overgang til større fly og høyere kabinfaktorer bidrar til den økte energieffektiviteten. Et viktig bidrag til reduserte klimagassutslipp er effektivisering av luftrommet. Eksempelvis sparer direkte ruteføringer og innføring av satelittbaserte inn- og utflygningsprosedyrer drivstoff og utslipp. SESAR har som mål at teknologiske utviklinger av lufttrafikksystemet vil redusere CO2 utslipp med 5-10% innen 2035.

Eksisterende energibærere som bærekraftig jet biodrivstoff har en rolle å spille for å redusere bruk av fossilt drivstoff. Imidlertid er det pr 2018 lite slikt drivstoff tilgjengelig i markedet og prisen er høy.

I et lengre perspektiv er det stort potensial for elektrifisering av norsk innenrikstrafikk. En rekke store og små aktører jobber med ulike konsepter for elektriske fly. Avinor har satt som målsetting at all innenriks luftfart skal være elektrifisert innen 2040, og har fått i oppdrag fra regjeringen å utarbeide «et program for elektriske fly i kommersiell luftfart». Det er for tidlig å konkludere fra det arbeidet.

De store etablerte flyprodusentene som Airbus og Boeing investerer betydelig i utvikling av batteridrevne fly. Flere nye utfordrere etablerer seg også i markedet, slik som Zunum og Ampaire. I første omgang utvikles det hovedsakelig motorer for hybriddrift og mindre fly for kortere distanser. I påvente av utviklingen innenfor batteriteknologi planlegges de fleste konseptene med en rekkeviddeforlenger om bord, slik at batteriene kan lades underveis ved behov.

Rolls-Royce, Airbus og Siemens har annonsert at de i felleskap utvikler verdens første hybride jetfly, E-Fan X, som skal inn i rutetrafikk i 2020. Rolls-Royce' datterselskap i Norge utvikler en 2,5 MW generator og frekvensomformer og har også det globale ansvaret for en portefølje med elektriske løsninger for selskapet.

Flere aktører innen luftfart arbeider med å erstatte dagens motorer med hydrogenbaserte motorer. Airbus fikk i april 2018 tysk innovasjonspris for sitt arbeid med en ny hydrogen-motor. Det er visjoner om at en slik motor kan erstatte flyene hjelpemotor (APU) i løpet av en 10 års periode. Dette er et viktig element fordi det i dag er mange utfordringer med bruk av APU'er, f.eks. utslipp og restriksjoner på bruk på mange lufthavner. Med denne teknologien kan flyene være selvforsynte med strøm når de står på bakken, uten at de utgjør et klimaproblem. løpet av en 20 års periode kan hydrogen-motor teknologien erstatte dagens flymotorer og for alvor gjøre en forskjell i bruk av fossilt drivstoff.

7.2 ENERGI/LAVUTSLIPP SKIP OG FERGER

Sjøtransportens største miljøutfordring er utslipp til luft og det er stort potensiale for reduksjon av klimagassutslipp i maritim sektor. Teknologiutviklingen er positiv, eksempelvis skjer også batterirevolusjonen til sjøs. Stadig flere fartøy bygges eller bygges om med batterier, og teknologien spres til stadig flere fartøyssegmenter. Helelektriske, ladbare og batterihybride løsninger er installert innenfor både havbruk, fiskeri, offshore og cruise. Ferjesambandene får lav- og nullutslippsløsninger med plug-in-hybride eller helelektriske fartøy. Norsk maritim næring har bygget opp et kompetanseledende miljø bestående av aktører som dekker hele verdikjeden.

Selv om Norge kan stille krav til innenrikstrafikken, er skipsfart først og fremst en global næring. Flåtefornyelse og myndighetskrav på alle nivå drar i samme retning, og legger opp til ambisiøse kutt i klimagassutslipp. Samtidig må endringstakten økes hvis man skal nå NTP-målet om at 40% av alle skip i nærskipsfart skal bruke biodrivstoff eller være lav- og nullutslippsfartøy innen 2030. Teknologi relatert til LNG, helelektriske og batterihybride fartøy samt hydrogen er stort sett billigere enn innblanding av biodrivstoff i dag og vil være viktige bidrag. Teknologiutvikling innenfor både skip, havner og infrastruktur for drivstoff må sees i sammenheng. Teknologisk usikkerhet og varierende grad av teknologisk modenhet er til dels barrierer som bremser flåtefornying.

Statens vegvesen har gitt ferjeoperatører på utvalgte samband, som ikke er egnet til fullelektrisk ferjedrift, oppdrag å utvikle hydrogenelektriske ferjer gjennom utlysning av utviklingskontrakter. Ferjeselskapet NORLED er nå i gang med å utvikle og bygge ferjer som bygger på denne type teknologi. Planen er at de første hydrogenelektriske ferjene skal være i drift fra 2021.

7.3 ENERGI/LAVUTSLIPP VEISEKTOR

Det forventes tilnærmet nullutslipp fra veisektoren i 2050. Utvikling av klimateknologi har bidratt til reduserte CO2-utslipp fra veitransport samtidig som samlet kjørelengde har økt. Hovedårsaken til reduksjonen har vært økning i bruk av biodrivstoff, og økende salg av nullutslippsbiler, som nå utgjør 5% av personbilparken, bidrar også.

Nullvekstmålet om å ikke øke bruken av personbil i de store byområdene vil bidra med utslippskutt, men i vesentlig mindre grad enn et teknologisk skifte. Klimaeffekten blir gradvis mindre etter hvert som flere og flere biler bruker nullutslippsteknologi. For den samlede bærekraften i byene er nullvekst likevel et viktig mål, særlig som premiss for innføring av ny teknologi i transportsektoren. Platooning, ITS-løsninger for økt effektivitet i trafikkavviklingen mv. vil også kunne bidra til noe reduserte utslipp hvis de kommer i gang raskt.

Såkalte el-veier, som forsyner lastebiler med energi gjennom kjøreledninger over veibanen, gjennom induksjon eller strømskinner er under utprøving i mange land. En norsk konseptstudie, ElinGO,

konkluderte med at dette kan være et kostnadseffektivt klimatiltak[33]. Dersom dette blir en mye brukt løsning i resten av Europa bør det vurderes om dette kan innføres i stor skala i Norge også.

Dynamisk induktiv lading av både lette og tunge kjøretøyer er allerede blitt pilotert og demonstrert. En forutsetning for rask implementering er at det parallelt blir utviklet standarder for dynamisk induktiv lading. Dette arbeidet er påbegynt gjennom SAE, men det er usikkert når dette arbeidet blir konkludert, men det antas at spesifikasjonene og standarder vil være på plass innen 2025.

Flere prototyper med batteri og/eller hydrogenteknologi er allerede i drift i Norge, men tilgjengeligheten på slike kjøretøy er ennå begrenset, og en storskala kommersialisering ligger fortsatt et stykke ut i framtiden. Hydrogenløsninger tilbys ennå ikke industrielle kjøretøyer (anleggsmaskiner og lignende), men på dette området er det et stort potensial for et skifte.

7.4 ENERGI/LAVUTSLIPP JERNBANE

I 2050 vil det være nullutslipp i togfremføringen. Størstedelen av transportarbeidet på bane utføres allerede nå på elektrifiserte strekninger med null utslipp. Den største utfordringen er utslipp fra dieseldrevne tog på de ikke-elektrifiserte strekningene og fra terminaloperasjoner i godsterminalene.

Overgangen fra dieseldrift vil gå direkte til nullutslippsløsninger. Både løsninger med ren batteridrift, batteri i kombinasjon med kontaktledning og hydrogen kan være aktuelle. Det planlegges nå for pilotering under norske forhold.

Hydrogendrevne tog i passasjertransport er allerede under pilotering i Tyskland. Hydrogentank og brenselscellen hvor hydrogenet omsettes er plassert på taket av toget, mens et batteri ivaretar både lagring og regenerering av energi fra bremsing.

Network Rail i Storbritannia testet det første passasjertoget med ren batteridrift i 2015. Del-elektriske/batterihybride tog utvikles. Batteri i toget lagrer da strøm fra konvensjonell kontaktledning plassert kun på enkelte deler/punkter langs strekningen. En slik teknologisk løsning vil gi kraftige reduksjoner i investeringskostnader for kontaktledningsanlegg.

Felles for alle alternative nullutslippsløsninger er at de må utvikles for den konkrete strekningen toget skal trafikkere; markedsbehovet, stoppmønster, tyngde, stigningsforhold, klimatiske forhold osv.

7.5 TEKNOLOGIUTVIKLING FOR ENERGI/LAVUTSLIPP INNENFOR TRANSPORT

Utviklingen innenfor bærekraftig energi i transportsektoren vil kunne påvirke framtidig infrastruktur og transportmidlene i seg selv. Elektrisitet lagret i batterier og/eller tilført kjøretøyene/fartøyene gjennom infrastrukturen som for eksempel induktive ladesystemer i veibanen, kjøreledninger over kjørefelt og skinnegang og ladesystemer i forbindelse med ferjekaier forventes til å bidra til merkbare endringer med hensyn til bærekraftig transport. Utvikling i bruk av hydrogen som energitype vil også påvirke fremtidig transport.

Batteriteknologi utvikler seg mot lavere priser og høyere energitetthet. Prisen for battericeller vil muligens ikke reduseres betydelig, men en forventer en gradvis økning i energitettheten som gir reduserte kostnader per kWh. Men med en betydelig utvikling av batteripakker og systemer sammen med en økt implementering og bruk av batterisystemer, vil prisene på batterisystemet svært sannsynligvis reduseres i tiden framover.

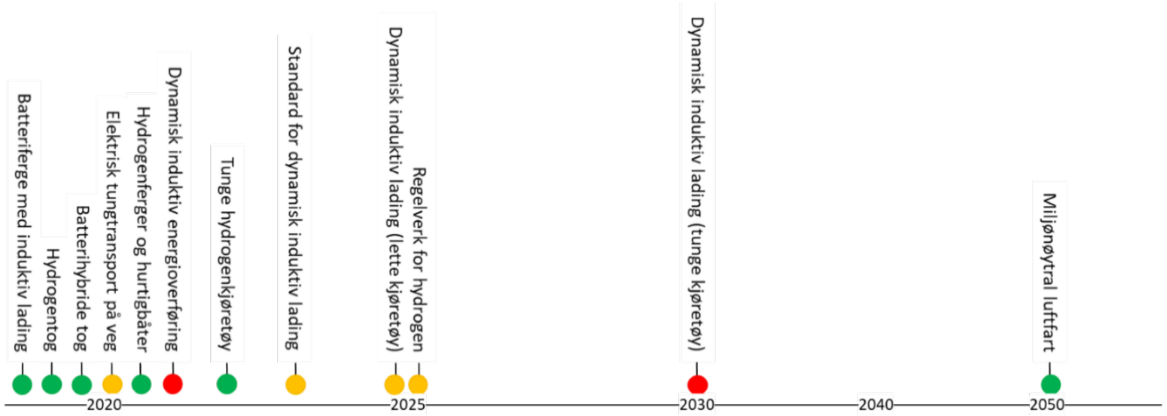
Hydrogenløsninger har bedre virkningsgrad enn diesel, men klart lavere enn batterier. Generelt gjelder at jo lengre distanser og tyngre kjøretøy, jo større er fordelene med hydrogen (sammenlignet med batteridrift). Hydrogenteknologien er moden og har vist at den fungerer godt i alle situasjoner og bruk. Forskningsinnsatsen i dag og framover vil være å øke levetiden av brenselcellene, framfor å øke virkningsgraden.

[33] https://www.sintef.no/globalassets/project/elingo/18-0733---sluttrapport-for-nett-.pdf

Biodrivstoff er betegnelsen som brukes på mange ulike energibærere/drivstofftyper som har sine opphav i organiske materialer som planter, trær eller dyr. Utfordringen har vært knyttet til høy produksjonskostnad sammenlignet med fossile alternativ. Utviklingstrenden går mot å redusere kostnadene ved å optimalisere prosessen for å produsere andre verdifulle kjemikalier eller andre produkter som kan bidra til økt lønnsomhet. Mulighet for å utnytte havressurser som tang og tare til produksjon av biodrivstoff undersøkes også. Biodrivstoff kan i utgangspunktet brukes mot alle transportformer. I spesielle sektorer som lufttransport finnes det per i dag ingen andre bærekraftige alternativer enn biodrivstoff som kan tas i bruk i nær framtid (som erstatning for fossilt drivstoff).

Andre energiforsyningsformer. Det har vært et tydelig fall i prisene på alternative energiformer som solenergi og vindkraft de senere årene. Utfordringen med disse er lagring av energien over tid. Med utvikling av bedre energilagringsteknologi, vil en se nye anvendelser i trafikksystemene i form av alternative *lokale* energiformer framfor å utstyre hele infrastrukturen med kostbar, ekstern kraftforsyning. Det brukes mye ressurser og innsats fra store selskaper for å utvikle nye former for lokal energiproduksjon. Eksempelvis jobber Lockheed-Martin med å utvikle fusjonsenergi i en container som kan forsyne energi til 80 000 husstander. Fordelen med slike energiformer er at de er svært "rene", ulempen – hvis man ser bort fra miljørisiko ved ulykker, er at det kreves store mengder energi for å få i gang prosessene[34].

Figur 20 presenterer en forventet teknologiutvikling innenfor energi/lavutslipp. Tidslinjen har hovedfokus på når teknologiene er kommersielt tilgjengelig.



Figur 20: Tenkelig tidslinje for teknologiutvikling innenfor energi/lavutslipp i samferdselssektoren, SINTEF[35]

[34] SINTEF-rapport 2017-00303. Teknologitrender som påvirker transportsektoren
[35] Grønn kule = sikkert estimat, gul kule = middels sikkert estimat, rød kule = usikkert estimat.

8 FORRETNINGSMODELLER

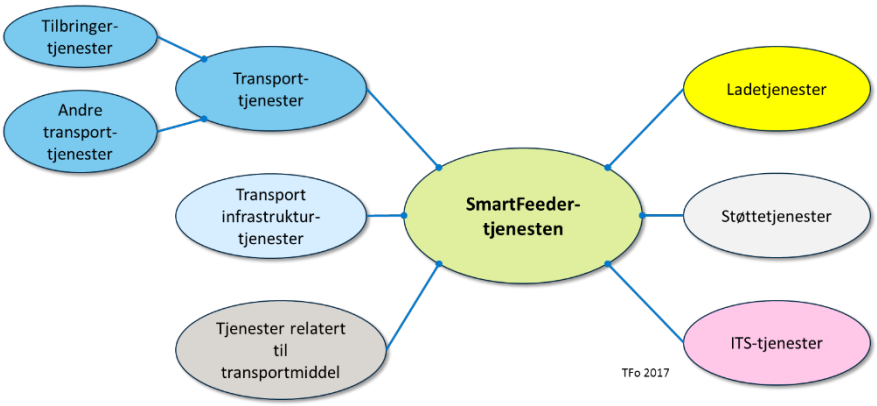
Ny teknologi muliggjør nye forretningsmodeller. Delingsøkonomien har åpnet døren for små aktører uten annen infrastruktur enn en mobil-app som knytter kunde og tilbud sammen, og en økende andel selskap justerer fokuset fra en tradisjonell verdikjede-tankegang til verdinettverk. Vi vil i dette kapitlet ta for oss disse forretningsmodellene, samt forretningsmodeller knyttet til kombinert mobilitet, mobilitet som en tjeneste[36].

8.1 VERDINETTVERK

I tradisjonelle verdikjede-baserte firmaer har firmaene eierskap til hele sin verdikjede ved at de produserer produkter eller tjenester internt, og benytter underleverandører til de tjenester som det ikke er lønnsomt å drifte selv. I verdinettverk skapes verdi ved å koble kundene og tjenesteleverandørene sammen gjennom kontaktnett og infrastruktur. Utfordringen for ethvert verdinettverk er å bygge et felleskap av medlemmer som er tilstrekkelig stort, der medlemmene utfyller hverandre og sammen skaper en positiv effekt. På den måten samarbeider selskapene for å nå felles mål, fremfor å kun levere tjenester som underleverandør.

Nye tjenester som smarte tilbringertjenester basert på selvkjørende kjøretøy, vil kreve et stort nettverk av aktører og relasjoner. I den sammenheng er verdinettverket det komplette settet av tjenester som gjør det mulig for en kunde av transporttjenester å dra nytte av transportkjeden fra døren og helt frem til sluttdestinasjon. Figur 21 viser de forskjellige tjenesteområdene som tar del i en slik tjeneste i verdinettverket.

I et verdinettverk skapes et mangfold av merverdi. Dersom nettverket i sum har et stort antall kollektivkunder, vil dette øke behovet for transport, som igjen vil øke behovet for nettverkets andre tjenester som vedlikehold, støttetjenester eller infrastruktur som antall innfartsparkeringsplasser.



Figur 21: SmartFeeder[37] tjenester. Kilde: Trond Foss, Sintef

En intelligent reise- og billetteringstjeneste er avhengig av data fra et bredt spekter av aktører for å kunne gi den reisende prediktive data og reisealternativer som til enhver tid gir den beste reisen. Vi ser da for oss et verdinettverk satt sammen av private og offentlige transporttilbydere, samt andre tjenestetilbydere som kan forbedre eller supplere tjenesten. Eksempler på dette kan for eksempel være værmeldingstjeneste som Yr, sanntidsinformasjon for vei som Google's Waze, skred- og flomvarsel m.fl. På denne måten vil også datatilbyderne få et både bredere og spisset nettverk for dataformidling, samt at mobilitetstjenesten vil bli bedre. Tjenesten kan igjen knyttes opp til andre kommersielle bransjer som hotell og serveringsteder. Sammen bringer de kunder til en felles plattform. Jo flere kunder, desto større inntektspotensiale.

[36] Mobility as a Service (MaaS)

[37] SmartFeeder-prosjektet studerer smarte tilbringertjenester. Prosjektet gjennomføres av Jernbanedirektoratet i samarbeid med SINTEF, Statens vegvesen, ITS Norge, Acando, Applied Autonomy og Forus PRT. Prosjektet støttes av Norges forskningsråd.

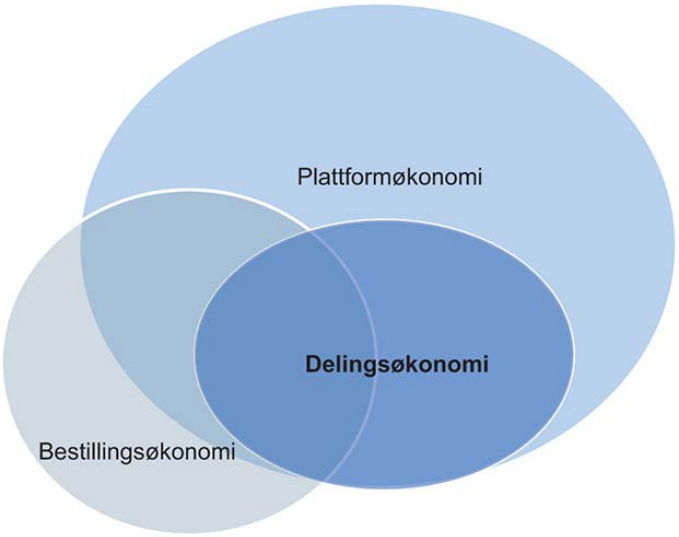
Verdinettverk er ikke avgrenset til persontrafikktjenester og mobilitet. Godstransport og logistikk vil ha tilsvarende nettverk.

Et hvert verdinettverk krever at det er én aktør som organiserer nettverket, og setter forretningsbetingelsene. Kommersielle aktører ser stort potensiale i markedene for både person- og godstransport. Utfordringen er å lage så gode tjeneste at disse blir konkurransedyktige. Eksempelvis at mobilitetstjenestene konkurrerer ut eierskap til egen bil både privat og for firmaer. For å sørge for at bærekraftige løsninger promoteres, bør det offentlige vurdere hvorvidt det er hensiktsmessig å la markedskrefter styre et slikt nettverk, eller om det offentlige bør ta en rolle med ansvar for å sette forretningsbetingelsene i verdinettverket.

8.2 PLATTFORM-, DELINGS- OG BESTILLINGSØKONOMI

Teknologi rundt bruk av digitale plattformer har muliggjort nye forretningsmodeller som langt på vei har distruptert flere bransjer, eksempelvis utleie av boliger. Disse forretningsmodellene er gjerne de som er lenken mellom kunden og leverandøren i et verdinettverk, som beskrevet over. Plattformer defineres gjerne ved at de legger til rette for interaksjon mellom brukere. I en plattform eies i hovedsak produktet eller tjenesten helt eller delvis av brukerne av plattformen og ikke av plattformselskapet. Med utgangspunkt i Delingsøkonomiutvalgets utredning[38] deler vi forretningsmodellene med utspring i plattformtjenester i tre: Plattform-, delings- og, bestillingsøkonomi. Det er særlig delingsøkonomien det er store forventninger til vil påvirke samferdsel i årene fremover.

Figur 22 illustrerer et mulig forhold mellom plattformøkonomi, delingsøkonomi og bestillingsøkonomi. Som det framgår av figuren, vil noen delingsøkonomitjenester samtidig være bestillingstjenester. Uber kan være et eksempel på dette. Airbnb er et eksempel på en delingstjeneste som ikke like tydelig er en bestillingstjeneste.



Figur 22: Overlappende begreper: plattformøkonomi, delingsøkonomi og bestillingsøkonomi

Plattformøkonomi

Plattformøkonomi dekker delingsøkonomi, men er videre definert fordi det også omfatter transaksjoner som innebærer overdragelse av eiendomsrett og varige relasjoner mellom partene over plattformen. Nettbutikker og medietjenester som leveres over internett, vil kunne være plattformøkonomi. Eksempler på plattformøkonomi er medieplattformer (Amazon, nettaviser, Netflix, Spotify), sosiale plattformer (Facebook), betalingsplattformer (kredittkortselskaper), plattformer for kjøp og salg av varer (Amazon, FINN.no) og plattformer for tjenester og utleie (delingsøkonomi) (Nimber, Uber, Nabobil).

[38] NOU2017:4

Mulighetsrom:
Plattformøkonomien gir muligheter ved at den kan senke terskelen for å etablere nye selskap. De lave oppstartskostnader skyldes teknologien som gjør det rimelig å formidle kunnskap om og betaling av produktene til kunde. Som samfunn er vi avhengig av at noen tar risikoen og starter opp nye bedrifter. For å styrke den norske økonomien trenger vi nye, gode ideer, effektive måter å levere tjenester på og arbeidsplasser.

Utfordringer:
Verdens største selskaper målt i markedsverdi er plattformselskaper som Apple, Google, Microsoft, Amazon, Facebook, AliBaba og Huawei. Selskapene genererer en massiv inntektsstrøm som går ut av landet, og i tiden fremover hvor det antas at ehandel vil fortsette å øke, vil dette tilsvarende kunne ramme norsk handelsstand og økonomi.

De største selskapene har flere millioner kunder tilknyttet sin plattform. Sammen med den formidable kundeinnsikten dette genererer og selskapenes sterke kapitalkraft, har de både vilje, mulighet og evne til å være i forkant av det øvrige markedet ved utvikling av teknologi, digitale løsninger og intelligent bruk av data de besitter. Dette gir de store selskapene et stort konkurransefortrinn, og det dannes monopollignende tilstander.

Personvernet blir også utfordret ved at selskapene har tilgang til persondata, og gjerne også epost og kalendre på mobilen. Selskapene har gjerne et bredt spekter av tjenester i sitt verdinettverk som eksempelvis Google. Google samler data om hvor kundene til enhver tid befinner seg og om de faktisk besøker den butikken de har fått presentert i deres søk. Gjennom analyser av sosiale medier har de mulighet til å være først til å detektere hva som skjer rundt i verden.

Delingsøkonomi

Det å leie, låne og dele oppleves av stadig flere som mer fleksibelt, mindre forpliktende og mer økonomisk gunstig enn å eie. Delingsøkonomien endrer spilleregler og forretningsmodeller i stadig flere bransjer, og transportbransjen er ikke noe unntak. Enkelte har kalt privatbilen for den største misallokeringen av ressurser i menneskets historie, begrunnet med at biler i gjennomsnitt står stille mer enn 95% av tiden. Ved hjelp av delingstjenester vil en kunne øke driftstiden fra mindre enn 5% til 30-40%, noe som vil kunne gi vesentlig lavere kostnader per tur. Analyser har vist at ved bruk av sterke politiske tiltak kan 7% av bilene erstatte alle reiser. Dette er nok ikke oppnåelig, men egnede virkemidler kan bidra noe[39]. Spesielt antas innføringen av autonome biler å kunne bidra sterkt til lavere bilhold og mer deling. Med umiddelbar tilgang på selvkjørende biltjenester som henter og bringer, vil behovet og interessen for selv å eie bil raskt kunne forvitre. For godsnæringen ser vi en tilsvarende utvikling i terminaler, hvor terminaleier kan stille med håndteringsutstyr som brukerne deler på å benytte.

Delingsøkonomi som forretningsmodell er en sterk årsak til at deling av tjenester og produkter har hatt en eksponentiell vekst, ved at den på en rimelig og enkel måte kobler kunde og tilbyder. Delingsøknomiutvalget[40] definerer delingsøkonomi som en økonomisk aktivitet som formidles gjennom digitale plattformer som legger til rette for ytelse eller utveksling av tjenester og kompetanse, eiendeler og eiendom, ressurser eller kapital, uten å overføre eierrettigheter og i hovedsak mellom privatpersoner[41]. Delingsøkonomi er en forretningsmodell som langt på vei har distruptert etablerte bransjer som utleie av privatbolig og det forventes en videre økning og mer kommersialisert drift rundt delingstjenester som eksempelvis Nabobil og Nimber for transport av mindre godsforsendelser.

For at delingsøkonomien skal fungere forutsettes det imidlertid at noen også eier og er villig til å dele. Delingsøkonomien består av et nettverk av kunder og tilbydere, en smart sammenkobling av disse, samt tillit til at kunden får ønsket kvalitet i tjenesten. Teknologien muliggjør dette, ved at enkle løsninger knytter kunde og tilbyder sammen, med minimal inngripen fra eier av tjenesten, som sitter igjen med transaksjonsinntektene. For å ivareta tilliten til tjenesten, er slike løsninger tilrettelagt for at kundene kan

[39] KPMG, Prognosesenteret, HR Prosjekt og SINTEF (2018) *Fremsyn 2050 – trender innen samferdsel frem mot 2050*
[40] NOU 2017:4
[41] https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2017-4/id2537495/sec4

rangere tilbyderne etter bruk. En god evaluering vil være avgjørende for hvorvidt tilbyderne vil bli foretrukket ved senere anledninger.

Mulighetsrom:
Delingsøkonomiutvalget mener at delingsøkonomien representerer positive muligheter for norsk økonomi, ved en mer effektiv utnyttelse av eksisterende ressurser, og frigir dermed ressurser til andre samfunnsformål. Når gjenstander og eiendom blir benyttet en større andel av tiden, kan det samlet sett føre til lavere produksjon. Dette kan virke positivt på miljøet. Delingsøkonomien vil også bidra til effektiv ressursbruk gjennom økt konkurranse i markedene og potensielt lavere priser, bedre produkt- og tjenesteutvalg og innovasjon.

Utfordringer:
Delingsøkonomien representerer utfordringer ved at den legger til rette for en økt omsetning mellom privatpersoner, og uten at regelverket er tilpasset dette. Ofte beveger leverandørene seg i grenselandet mellom privat og kommersielle selskap, slik som Uber har blitt anklaget for, og lovgivningen henger etter. Flere av delingsselskapene som har vokst seg store, som eksempelvis AirBnB, bidrar til en vesentlig pengestrøm ut av landet. Utviklingen av teknologi og forretningsmodeller skjer raskt, og raskere enn endringene fanges opp i politikk og regelverk. Delingsøkonmiutvalget mener derfor at reguleringer bør være nøytrale overfor teknologier og selskapsformer.

Bestillingsøkonomi

Det forventes betydelig endring i retning fra å eie eget transportmiddel, til å kjøpe transport som en tjeneste. Bestillingsøkonomi vektlegger at tjenestene er tilgjengelige når etterspørreren ønsker det, og dekker mange typer tjenester som ikke er dekket av delingsøkonomi. Et eksempel kan være MaaS Global sin app, Whim, som tilgjengeliggjør transport uten selv å eie transportmidlene. Whim vil da være både en plattformtjeneste og en bestillingstjeneste. Delivery as a Service-selskaper (DaaS) vil være tilsvarende på gods. Uber regnes av mange som en bestillingstjeneste som beveger seg på eggen mellom delingsøkonomi og bestillingsøkonomi.

Mulighetsrom:
For kundene kan det gi flere valgmuligheter ved valg og fleksibilitet av reisealternativer eller forsendelse av gods, og konkurransesituasjonen kan dermed medføre en rimeligere pris for kundene.

For det offentlige vil fremveksten av bestillingsøkonomien kunne bidra inn i kollektivnettverket. Eksempelvis piloterer de offentlige myndighetene i New Jersey, USA, en subsidiering av Uber for tilbringertjeneste til kollektivknutepunkt fremfor å bygge et nytt parkeringshus.

Utfordringer:
Lovgiving og regulering av taxinæringen har vært en betydelig barriere for selskaper som Uber. I mange land pågår det nå en prosess for å vurdere hvordan man håndterer og regulerer slike selskaper. I Norge foreligger det et forslag til endring knyttet til reguleringen av drosjenæringen, som kan bidra til å tilgjengeliggjøre bestillingstransport til flere aktører.

8.3 SMARTKONTRAKTER

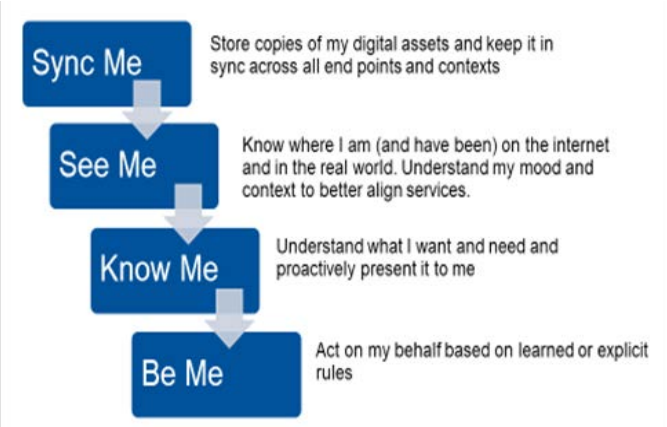
Blokkjedeteknologi og smartkontrakter kan representere en utfordrer til plattformselskapene. Med virtuelle assistenter som er i det Gartner beskriver som «Be me»-fasen, vil systemet/assistenten kunne detektere brukerens behov, og gjøre valg og betale for tjenesten eller produktet på vegne av brukeren. Bruk av blokkjede og smartkontrakter som knytter kunde og tilbyder sammen, vil dermed gjøre en tredjepart overflødig.

Blokkjede muliggjør data- og verdiutveksling *uten formelle mellomledd* på en trygg og verifisert måte. Det er denne underliggende teknologien som muliggjør at Bitcon, IOTA og andre aktører kan handle kryptert med valuta. Smartkontrakter er en kontrakt med et sett med løfter, som inkluderer protokoller hvor partene handler i henhold til disse løftene[42]. Man kan lage kontrakter som er helt vanntette, og forsikre at begge

[42] Nick Szabo; Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets, 1996

parter vil overholde sin side av avtalen, uten å bruke en tredjepart. Resultatet blir mer effektive kontrakter, som også koster mindre penger.

Det kan eksempelvis være at de reisende kobler seg opp til en betalingssentral hvor kundens reise avregnes i systemet ut fra satte regler. Eies denne betalingssentralen av det offentlige, vil man i større grad kunne sikre at inntektene blir i landet gjennom en direkte kontantstrøm mellom leverandør og kunde.



Figur 23: Gartners grafiske fremstilling av faser over virtuelle assistenters/ systemers modenhet (Gartner)

Mulighetsrom:
Foreløpig er potensialet størst for selskap med mange transaksjoner med fordyrende mellomledd[43]. Smartkontrakter skaper i prinsippet selvstyre, eller autonomi. Dersom det skulle oppstå noen uenigheter kan blokkjede-nettverket bekrefte historikken i kontrakten.

Utfordringer:
Smartkontrakter er en ny teknologi, som fortsatt krever en god del utbedringer for å kunne fungere i stor skala. Den kanskje største utfordringen med smartkontrakter handler om hvordan de skal fungere i eksisterende systemer, med nasjonale reguleringer og lovverk. Som nevnt gjør smartkontrakter direkteavtaler mulig. Siden blokkjede-nettverkene er både verdensomspennende og desentraliserte går dette helt uavhengig av landegrenser[44].

[43] Andrew Stepanov; What Smart Contracts Mean for the Future of Business, Polyswarm, 2018
[44] Kasey Panetta; Why Blockchain's Smart Contracts Aren't Ready for the Business World,Smarter with Gartner, 2017

8.4 KOMBINERT MOBILITET OG LOGISTIKK SOM EN TJENESTE

Endringene i forretningsmodeller åpner opp for etablering av nye konkurransenøytrale plattformer for transportjenester. Mobilitet som en tjeneste[45], MaaS, er en ny forretningsmodell. Slik MaaS presenteres i dag, gir tjenesten begrenset fleksibilitet da kundene på forhånd må bestemme hvilken «pakke» de ønsker. En mer fleksibel løsning kan ivaretas ved at en konkurransenøytral reiseplanlegger og betalingsløsning tilbyr flere mobilitetsformer og betaling for en sammensatt transport ved en bruksbasert avregning.

En tilsvarende løsning vil være aktuell for gods, kalt Delivery as a Service (DaaS). Tjenesten gir flere tilbydere mulighet til å vise seg fram og kundene får oversikt over alle relevante konkurransedyktige tilbud. Transporttilbyderne vil ha interesse av økt tilgang på kunder og terminalaktørene vil ha økonomisk interesse av økt bruk av terminaltjenester. Tjenesten vil kunne omfatte hele transporten fram til sluttkunde eller til lager. En slik konkurransenøytral tjeneste vil bidra til bedre kapasitetsutnyttelse i terminalene.

Utfordringer ved slike løsninger

En overordnet, global trend, er at aktører utenfor transportnæringen ønsker å ekspandere sine forretningsmodeller inn i transportmarkedene. For eksempel kan Google ved å utvide sin reiseplanlegger med en betalingstjeneste tre inn som en leverandør av kombinert mobilitet og fortrenge offentlige aktører som kanskje i større grad fremmer bærekraftige mobilitetsløsninger.

Tredjepartsaktører som tilbyr MaaS-tjenester utfordrer kollektivtrafikkselskapene ved at de tilbyr reiseplanlegging og betalingsløsning som gjør at disse kommersielle selskapene vil sitte på kundedialogen. Spørsmålet er om opplevelsen av nytte for kollektivtrafikkselskapene ved å være en del av et større nettverk, er større enn kostnaden ved tapet av kundedialog.

Det vil alltid være sprik mellom bedriftsøkonomiske og samfunnsøkonomiske optimale løsninger. Dersom mobilitet overlates til markedet vil det være en bedriftsøkonomisk optimal løsning som velges. Dette kan bety at mobilitetstjenestene vil være best der markedet er størst, og omlandet vil dermed være et mindre attraktivt marked for de kommersielle aktørene.

Andre mulige konsekvenser ved markedsstyrt kombinert mobilitet:

- Ingen tar koordineringsrollen og gir oversikten over alle tilbud i markedet
- Det offentlige mister tilgang på viktig kundedata ved at kundene bruker andre løsninger for reiseplanlegging og billettering
- Lavere kvalitet på kundehåndtering ved avvik og generell kundeservice ved at brukergrensesnittet opp mot kunden i større grad overlates til en kommersiell tredjepart og dermed lenger vei til kunden

Hvilken rolle bør det offentlige ta i kombinert mobilitet / MaaS

Det ovenstående viser at ny teknologi forandrer forretningsbetingelsene, som igjen påvirker strategi. Det er nødvendig at det offentlige tar ansvar for å tilrettelegge for de mest hensiktsmessige forretningsbetingelsene for samfunnet, enten hvorvidt det er ovenfor kommersielle aktører og/eller offentlige initiativ.

En økt tilstrømming av kommersielle aktører er positivt ved at de deler det offentliges mål om at befolkningen i mindre grad skal eie egen bil, og kan stimulere til innovasjon innen transportløsninger, sluttbrukertjenester og forretningsmodeller. Samtidig kan lettere tilgang til fleksible løsninger som fleksibel bestillingstransport, særlig ved implementering av helautonome biler, kunne gi økt trafikk.

Entur AS er et virkemiddelselskap som i nær fremtid vil kunne tilby kombinert mobilitet i det offentliges regi på en konkurransenøytral plattform. Ved å være et nasjonalt aksesspunkt for multimodal reiseinformasjon (iht. ITS-direktivet Priority action A), samtidig som det i løpet av kort tid skal kunne tilbys salg av alle kollektivbilletter i deres tjeneste, har de et godt utgangspunkt for ekspansjon til å formidle data og betaling for andre transportmidler. Dette arbeidet pågår og vil fungere som en parallell plattform til eventuelle kommersielle aktører.

[45] Mobility as a service (MaaS)

9 MOBILITET OG LOGISTIKK

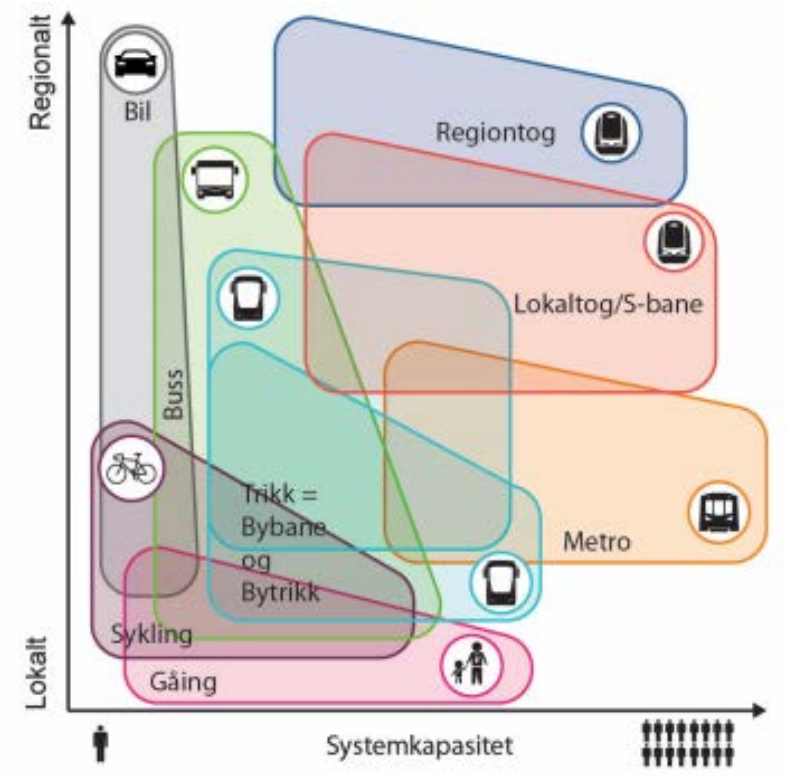
Autonomi og konnektivitet vil ha stor betydning for fremtidens mobilitet og logistikk. Transportmidlene vil til enhver tid være tilkoblet internett og de kommuniserer med hverandre og infrastrukturen. Tilgangen til sanntidsdata vil være tilnærmet ubegrenset. Dette gir store muligheter for å øke effektiviteten og samhandlingen innen både mobilitet og godstransport. Nye forretningsmodeller som delingsøkonomi åpner for flere transporttilbydere og -tjenester. Kombinert mobilitet eller Mobility as a Service (MaaS), er begreper som anvendes om et utvidet nettverk av transporttilbydere til forskjell fra tradisjonell kollektivtrafikk. Her samhandler både offentlige og private tilbydere om å kombinere mobilitetsløsninger til et helhetlig tilbud til trafikantene. Denne utviklingen vil utfordre det offentliges ønske om styring av trafikkstrømmene. Tilsvarende vil det for godstransporten oppstå nye transportløsninger og -tjenester gjennom Delivery as a Service (DaaS).

Flere valg og mer fleksibilitet gjør det ikke nødvendigvis enklere å planlegge og gjennomføre en reise eller transport. For å lykkes er det helt avgjørende med gode tjenester for planlegging og betaling slik at transportbrukeren lett kan orientere seg i reise- og transportalternativene for å finne den mest hensiktsmessige løsningen både mht. transportmiddel, tid, pris og betalingsløsning. Dette kapitelet tar for seg hvordan ny teknologi kan gi muligheter for transporttjenester og smart samhandling. Kapittelet vil omhandle både person- og godstrafikk.

9.1 ENDRET ARBEIDSDELING MELLOM TRANSPORTFORMENE

Konnektivitet i transportsystemet hvor alle elementer bærer og deler data gir grunnlag for å utvikle nye verdinettverk og forretningsmodeller som muliggjør effektive, verdiøkende og kostnadsreduserende tjenester. Teknologi endrer mange av transportmidlenes egenskaper, deres attraktivitet og dermed også deres innbyrdes fortrinn. Helt nye transportformer utvikles i takt med markedsmessige og teknologiske muligheter, og kan potensielt endre transportformenes innbyrdes fortrinn betydelig, og derav utfordre dagens arbeidsdeling mellom disse. Eksempelvis vil deres respektive ulikhet i klimautslipp viskes ut, de lange transportene utfordres av hyperloop, mens de korte transportene får økt konkurranse fra droner. Dette krever nytenkning rundt hvordan transportformene kan samhandle og hvilke markeder og funksjoner som skal dekkes av de enkelte transportformene.

Figur 24 illustrerer dagens transportmidlers fortrinn, her eksemplifisert ved mobilitetsaktører. Her ser vi at regiontog og bil har høyest fortrinn på de lange distansene, regiontog, lokaltog og metro har høyest systemkapasitet, og gåing og sykling har størst fortrinn på de korte distansene. Det mest interessante med figuren er imidlertid mulighetsrommet som ligger i å optimere arbeidsdelingen på de mellomlange distansene, samt dør-til-dør-reisen. Flere av transportmidlenes fortrinn overlapper betydelig, og dette bildet endrer seg dersom man inkluderer droner som transportmiddel og i tillegg vurderer faktorer som arealbruk, støy og trafikksikkerhet. I dag er det stort fokus på utvikling av fleksible mobilitetstjenester hvor alle transportformene inngår, samt stadig tilskudd av nye mikromobilitetløsninger. Etter hvert som ny teknologi tas i bruk, vil denne fleksibiliteten kunne oppnås ved hjelp av nye, og potensielt færre, transportmidler. Arbeidsdelingen vil endres, og transportmidler som i stor grad overlapper vil potensielt kunne utgå som følge av økende fokus på bymiljø, arealbruk og kostnadseffektivitet. Eksempelvis vil det ikke nødvendigvis være bærekraftig å tilrettelegge for at både bil, buss, trikk, metro, lokaltog og sykling skal dekke mobilitetsbehovet på mellomlange distanser.



Figur 24: Transporsportmidlenes fortrinn settes sammen til det beste for mobilitetsnettverket. Kilde: KVU Oslo-Navet

Platooning, sammenkoblede og stadig mer miljøvennlige trailere vil kunne gi veitransport økt fortrinn på lange distanser sammenlignet med jernbane og sjø. Sjåførkostnadene reduseres betydelig selv om det i en lang fase må være tilgjengelig sjåfør i kolonnen. Tilsvarende vil selvkjørende biler og minibusser kunne gi enklere tilgang til mobilitetstjenester. Veitransport er svært fleksibel og kan operere uten sterke restriksjoner på tilgang til infratruktur, noe som gir et ytterligere fortrinn. Autonome skip kan redusere kostnadene og øke fleksibiliteten ved sjøverts transporter. Skipene blir mindre og kan seile i platooning tilsvarende som lastebiler. Skip har stor lastkapasitet og krever relativt lite infrastruktur på landsiden. Sjøverts transporter kan dermed øke sitt fortrinn på bekostning av godstransport på vei og bane. Selv om alle transportformene innfører lav- og nullutslippsteknologi, vil jernbanen fremdeles være den mest energi- og arealeffektive transportformen på landjorden, og som også har høy kapasitet til både personer og gods. Også for jernbanen kan autonom framføring redusere kostnadene og øke fleksibiliteten. Flere tog kan settes inn ved behov, og tog kan tas ut dersom belegget blir lavt. Denne fleksibiliteten skyldes i all hovedsak frikoblingen fra skiftplaner. Tog kan øke sitt fortrinn på lange strekninger sammenlignet med alle øvrige transportformer. Det forventes at også flytransport i betydelig grad reduserer sin miljøulempe i takt med innføring av nullutslippsløsninger. Fjernstyrte kontrolltårn og høyere grad av autonomi reduserer kostnadene, fremføringstiden er rask og investeringsbehovet i infrastruktur er beskjedent. Flytransport vil derfor i likhet med de øvrige transportformene kunne øke sitt fortrinn sammenlignet med de øvrige.

Nye transportformer som hyperloop har et ytterligere potensial for å endre transportfortrinnene på lengre distanser. Med kort fremføringstid og høy grad av fleksibilitet vil hyperloop kunne få et betydelig fortrinn innen både person- og godstransport, dersom transportformen viser seg realiserbar. I bydistribusjon vil lastesykler, droner og små elektriske kjøretøy som for eksempel automatisk selvstyrte vogner[46] kunne overta store deler av eller hele varedistribusjon i byområder. Tilsvarende vil droner også kunne overta deler av persontransportene.

Avanserte og nye produksjonsmetoder vil kunne endre både lokalisering og struktur for produksjon, og dermed også endre transportetterspørselen, godsstrømmenes retning, innhold og volum. Eksempler på slike endringer er robotisering og automatisering muliggjort av teknologitrender som digitalisering og tingenes

[46] Automated guided vehicles, AGV

internett. Ny teknologi som 3D-printing og lagvis produksjon muliggjør økt og fleksibel lokal produksjon som igjen vil kunne endre etterspørsel etter lange transporter av stykkgods. De lange transportene vil kunne få økt innslag av innsatsvarer/bulk til lokal produksjon nærmere markedene. Bulkvarer har tradisjonelt lavere tidskritiske faktorer enn stykkgods, og dette åpner for mer saktegående transportløsninger til lavere kostnad enn de raske alternativene. De kortere transportene blir i økende grad preget av stykkgods.

Gjennomgangen over illusterer hvor vanskelig det kan være å forutsi hvilke transportformer som vinner frem innen de ulike markedene. Bildet blir ytterligere komplisert når ulike markeder også tas i betraktning. Bærekraftig godstransport forutsetter en god arbeidsdeling mellom transportformene. Godset styres mot de mest hensiktsmessige transportformene, eller kombinasjoner av disse, ut fra kriterier som egenskaper ved godset, kostnader, krav til transporten og transportformenes egenskaper og fortrinn. Persontransport har et større spekter av preferanser avhengig av reisehensikt. Hva som er det mest hensiktsmessige transportalternativet vil endre seg i takt med at ny teknologi utvikles og tas i bruk i transportsektoren. I ytterste konsekvens kan enkelte transportformer forsvinne helt fra enkeltmarkeder.

Noen ekstreme eksempler kan være at miljønøytral luftfart og kapasitetssterk overtar all persontrafikk på vei på hhv. mellomlange og lange distanser, eller at godstransport på mellomlange strekninger i sin helhet tas av fleksible sjø- og veitransporter.

9.2 SANNTIDSDATA I ALLE LEDD

ITS [47] og konnektivitet er sentrale teknologier for utviklingen av fremtidens mobilitet og logistikk. Teknologiene gir viktige bidrag for å utvikle smarte samfunn som er gode å leve i, skape verdiøkende tjenester og sikre optimal utnyttelse av ressurser.

Tilgang til store datamengder i sanntid er en avgjørende forutsetning for å ta ut dette potensialet. Stordata gir simultan oversikt over reisebehov og prediksjon av reisestrømmer, tilstand og fyllingsgrad på kjøretøy, samt tilstand og trafikksituasjon for infrastruktur og danner dermed grunnlag for utvikling av automatiserte prosesser og tjenester for dynamisk og optimalisert planlegging og styring av transportene. Dette har stort potensiale for å gi økt effektivitet i transportsektoren og økt kapasitetsutnyttelse av både infrastruktur og kjøretøy.

Stordata vil i kombinasjon med kunstig intelligens gi en rask oversikt over transportstrømmene og basert på det identifisere de beste alternative transportsystemene. Slik informasjon bidrar til å øke hastigheten i langsiktig transportplanlegging, samt for politiske beslutningsprosesser.

Optimaliserte kjøretider og tilgang til kapasitet er sentrale forutsetninger for effektiv transport. Tradisjonelle virkemidler som prioritering i lyskryss, såkalte grønne bølger, og styring av tilgang til infrastruktur ved bruk virkemidler som tillatelse til personbiler i kollektivfelt utenom rush eller bruk av reversible kjørefelt, gir gevinster som redusert reisetid for personreiser samt økt utnyttelse av infrastrukturen. Sanntidsinformasjon og prediksjoner av reisestrømmer gir mulighet for langt mer dynamisk og optimalisert styring av individuell og kollektiv tilgang til infrastruktur.

Økende datatilgang og utvikling av stadig mer avanserte informasjonssystemer gjør det mulig å tilby tjenester som er nyttig underveis i transporten; lokalisering av vare, forsinkelser og andre avvik, mulige overganger/bytte i transportmiddel, om det er hindringer i reiseruten, innendørs- og utendørs navigasjonshjelp, m.m. Informasjonen kan skreddersys og tilpasses kundens behov. All informasjon er digital og sammenkoblet. Dette gir optimal informasjonsflyt mellom aktører og operasjoner.

Trafikkstyring og -informasjon i avvikssituasjoner er viktig for at trafikantene og vareeiere skal kunne gjennomføre sine reiser på en effektiv og sikker måte. Ved å koble sanntidsinformasjon om trafikkrelevante avvik som trengsel, teknisk svikt, naturfarer osv., med prediktive selvlærende algoritmer, kan risiko for avvik detekteres og varsles i forkant, og dynamisk styring kan minimere følgekonsekvensene av disse. Dette legger grunnlag for at transportvalgene kan endres og tilpasses underveis, og dermed unngås ugunstige og

[47] Intelligente transportsystemer

uforutsigbare transportalternativer. I fremtiden forventes det at trafikantene og godset blir automatisk ledet til de til enhver tid beste reisealternativene.

Utveksling og tilgjengeliggjøring av data på tvers av aktører og transportformer er en viktig forutsetning. Villigheten til å dele data avhenger av opplevd nytte av å dele og å få data. En konkurransenøytral plattform for datautveksling kan bidra til dette, og sikrer like konkurransevilkår for mottak av offentlig eide data. Entur har fått en nasjonal rolle for å etablere og drifte en slik plattform. Entur skal samle og tilgjengeliggjøre relevante data for passasjerreiser, det inkluderer også tilknyttende tjenester som sykkelutleie, innfartsparkeringer m.m. for hele Norge.

Bruk av internasjonale standarder muliggjør effektiv datautveksling og gir viktig bidrag til å kunne utnytte data til verdiøkende tjenester. Det er utviklet en ny europeisk standard for billettering[48] som skal standardisere kjøretøyenes ITS-arkitektur og sikre sambruk av enhetene om bord i buss. De tradisjonelle systemleverandørene vil i fremtiden først og fremst bli leverandør av software til kjøretøyenes billettsystem. Endringene mot mer standardiserte grensesnitt gjør at leverandørene ikke lenger kan låse systemets komponenter til sin hardware, noe som ofte fører til redusert konkurranse. For kollektive transportløsninger er det offentliges innkjøpsmakt et kraftfullt verktøy for å sikre den utviklingen man ønsker på dette området, men det offentlige har ikke samme innkjøpsmakt overfor bilindustrien. Det gjør det ekstra viktig å delta i internasjonale standardiseringsorgan.

9.3 DYNAMISKE PERSONREISER

9.3.1 Fra der du er til dit du skal

Nullvekstmålet i norsk samferdselspolitikk fastslår at vekst i persontrafikk skal dekkes av gåing, sykling og kollektiv transport. I første omgang omfatter dette de 9 største byområdene og kun persontrafikk, men på lang sikt vil dette kunne styrkes til å dekke all transport i alle byområder. Dette fordrer utvikling av attraktive og effektive mobilitetsløsninger som ikke er bilbaserte. Mobilitetsbehov dekkes i dag med både kollektive og individuelle transporttilbud. Tradisjonelt har kollektivtilbudet hatt lav fleksibilitet som følge av faste ruter med fast kapasitet, og i for liten grad vært innbyrdes koordinert og tilpasset individuelle transporttilbud. Dette betyr i praksis at de reisende selv må sette sammen sine reisekjeder og transportere seg til kollektivknutepunkt iht. oppsatt rutetabell. Individuelle transporttilbud har på den andre siden høy grad av fleksibilitet og har i langt større grad kunnet tilpasse seg kollektivtilbudet, men i for liten grad hatt incentiver til innbyrdes koordinering.

Figur 25: Modulære busser kan dynamisk tilpasses transportbehovet. Kilde: NEXT Future Transportation

Nye forretningsmodeller som MaaS, endrer på dette bildet. MaaS muliggjør et helhetlig mobilitetstilbud hvor kollektive og individuelle transporttilbud, samt tjenestetilbydere fra offentlig og privat sektor inngår. Med et mangfold av transportmuligheter er det behov for ulike typer byttepunkt, fra store sentrale

[48] ITxPT (Information Technology for Public Transport)

knutepunkter til små distribuerte byttepunkter. Et helhetlig grep på systemet av bytte- og knutepunkter kan utgjøre et viktig rammeverk for et effektivt og attraktivt mobilitetstilbud. Med nye forretningsmodeller kan man lettere utnytte hvert enkelt transportmiddels styrke og markedspotensiale i mobilitetsnettverket. Det offentlige kan aktivt påvirke en ønsket utvikling i retning kollektiv, gange og sykling ved å ta i bruk målrettede mekanismer for prisdannelse og gevinstdeling i forretningsmodellene.

Slike forretningsmodeller forventes å være etablert i god tid før 2030. I et mer langsiktig perspektiv vil mobilitetstilbudet kunne automatiseres og skreddersys i langt større grad. Kanskje vil ikke de reisende selv gjøre aktive reisevalg, men bli transportert ut fra det til enhver tid optimale alternativet. Man definerer destinasjonen og reisen planlegges og gjennomføres dynamisk av en intelligent automatisert mobilitetssentral uten egen inngripen. Den som skal reise hentes av et autonomt kjøretøy, bringes til det optimale kollektive kjøretøyet, loset direkte inn i neste kjøretøy dersom det er nødvendig med bytte underveis i reisekjeden, og bringes helt til destinasjonen. Skifte av kjøretøy skjer sømløst, både fysisk og virtuelt. Knute- eller byttepunkt er ikke lenger nødvendig, da bytte skjer der hvor kjøretøyet befinner seg akkurat der og da.

I en mer nøktern fremtidstenking vil faste bytte- og knutepunkter fremdeles prege transporttilbudet. Kombinert mobilitet med nye transportmidler og tjenestetilbydere krever imidlertid nytenkning rundt utviklingen av bytte- og knutepunkter. Trafikantene vil forvente sømløse reiser, hvor overganger mellom transportalternativer i reisekjeden er enkle og effektive. I en hverdag hvor antall transportalternativer øker, øker også antall bytter mellom dem. Friksjonsfrie byttepunkt er avgjørende for en god reiseopplevelse. Dette forutsetter smarte knutepunkt som er tilrettelagt for bil- og sykkeldeling [49], sykkelparkering, tilbringertjenester og god adkomst for syklister og gående. Smarte knutepunkt vil kunne utgjøre ryggraden i transportsystemet og vil kunne være kjernen for utvikling av regionbyer.

Digitale tjenester som gjør reisen enklere og forutsigbar er minst like viktige elementer i smarte knutepunkt. Digital informasjon utveksles og anvendes til systemer for flåtestyring, prediksjon av reisestrømmer, ankomst, avgang, guiding og veiledning, samt til individuelle reservasjons- og betalingstjenester. Dette kan illustreres ved en fremtidig flyreise. Den reisende får ikke bare informasjon om forventet landingstid, men også om nøyaktig avstigningstid ved gate. Underveis får man også informasjon om videre flight eller annen reiseetappe, omstigningstid, man guides både virtuelt og fysisk og neste etappe er dynamisk tilpasset status for inneværende reiseetappe.

Autonome transportmidler forventes å dominere det fremtidige trafikkbildet. En bærekraftig innføring er at de inngår i et kollektivt tilbud snarere enn å bare erstatte personbilen 1:1. Selvkjørende kjøretøy kan inngå i anropsbaserte fleksible tilbringertjenester inn mot kollektivknutepunkt. Dette åpner for enklere tilgang til kollektivtilbud og muliggjør mobilitetstjenester som tar de reisende fra dør til dør. En alternativ utvikling er en ytterligere individualisering av persontransporten. Kanskje har vi alle hver vår autonome svevebil eller drone som automatisk bringer oss direkte dit vi ønsker over korte og mellomlange avstander.

9.3.2 Virtuell assistent basert på kunstig intelligens

De reisende får stadig flere reisealternativ som følge av et økende antall og typer av transportmidler og -tilbydere. Mange valg gjør ikke nødvendigvis reisen enklere for de reisende. Økende bruk av mobile plattformer og enheter danner grunnlag for å utvikle og tilby nye dynamiske mobilitetstjenester, og en såkalt digital reiseassistent kan gjøre reisehverdagen enklere. Basert på analyser av stordata kan reiseassistenten foreslå den best mulige transportmåten ut fra preferanser, reisevaner og sanntidsinformasjon om transporttilbudene. Assistenten kan underveis informere, styre og gi navigasjonsbistand ut fra den reisendes indivuelle behov. Dette forenkler planlegging og gjennomføring av reisen, og gjør det enklere å bytte transportmiddel underveis - også utenfor store knutepunkt.

Et stort antall selskap har tatt i bruk kunstig intelligens og maskinlæring som automatiserer tjenester fra kundesentrene. Personlige digitale assistenter som anvender kunstig Intelligens med maskinlæring kan løse hverdagslige behov for befolkningen. Disse tjenestene har et stort mulighetsrom og dertil ambisjoner, og

[49] Herunder også fremkomstmidler som ståhjulinger og elektroniske sparkesykler

begynner allerede nå å få en stor utbredelse i hjemmene. Den digitale assistenten, som Amazones «Alexa» og Googles «Home», vil ha full kjennskap til preferanser og historikk, og vil kunne predikere fremtidige ønsker og behov. Den digitale reiseassistenten vil bli et viktig virkemiddel innen alt fra universell utforming til preferert transportløsning ved bestilling av varer på nett. Den digitale assistenten kjenner sin oppdragsgiver så godt at den gjør automatiske valg av tjenesteleverandør og produkter for eieren, samt betaler for denne via for eksempel Smartkontrakter, som omtalt i kapittel 8.3.

Digitale assistenter utfordrer plattformselskapene, og vil gi svært stor makt til de selskapene som utvikler og drifter den personlige assistenten.

9.4 DYNAMISKE GODSTRANSPORTER

9.4.1 Optimalisert logistikk

Godstransporter har tradisjonelt et større mulighetsrom for automatisering sammenlignet med persontransport. Godset har i utgangspunktet ingen egen vilje, og kan derfor styres 100% av logistikkoperatør. Valg av transportløsning avhenger i stor grad av hvilke langsiktige avtaler som er inngått med tjenesteleverandører innen logistikk.

Dette bildet endrer seg i takt med utbredelse av tingenes internett. Godset blir intelligent. Det vet selv hvor det kommer fra og hvor det skal og det bærer med seg informasjon om krav til transporten, som for eksempel krav til sikkerhet, leveringstid og til omgivelsene (temperatur m.m.). Godset kan selv navigere - ta egne eller styrte dynamiske valg underveis slik at transporten optimaliseres. Intelligent gods kan også selv delta i prosessen med å bestemme hvilke pakker det skal være en del av. Godset sendes tilsvarende som datapakker sendes i et kommunikasjonsnett. Godset settes sammen til «godspakker» i en terminal, sendes til neste terminal hvor pakkene løses opp og settes sammen med annet gods til nye godspakker, som igjen sendes videre til nye terminaler, på samme måte som datapakker i et internett.

Tilgang på digitale data fra produsentene og aktørene i verdikjeden er en forutsetning for å utnytte potensialet til intelligent gods. I dag ser vi et aktørbilde med mange ulike informasjonssystemer. I kombinasjon med en restriktiv holdning til å dele konkurransesensitiv informasjon, kompliserer dette deling av data og styringsinformasjon i verdikjeden mellom godsets opprinnelse og destinasjon. Dette til tross for at informasjonsutveksling er teknisk mulig. RFID-teknologien[50] har eksistert lenge og gir unik identifisering av objektet og kan benyttes i sporing, lagerføring, varetelling og også i kombinasjon med GPS. Teknologien er ikke utnyttet i full skala og årsakene er mange. En sentral årsak er stort spenn i teknologinivå hos aktørene, hvorav mange av de små har manuelle papirbaserte løsninger, mens de toneangivende aktørene har egenproduserte systemer. Til sammen gir dette innslag av lite effektive og tidkrevende grensesnitt i alle ledd/operasjoner i transportkjeden. I fremtiden vil endringen i verdinettverkene og nye forretningsmodeller legge press på løsningene og kunne medføre teknisk samhandling mellom informasjonssystemene, som igjen legger grunnlag for utvikling av nye tjenester.

Konnektivitet og digital informasjon med mulighet for sporing av godset vil ha potensial for bedre koordinering, økt effektivitet og kapasitetsutnyttelse i transportsystemet. Økt samhandling mellom aktørene i egne og parallelle logistikkjeder er en forutsetning for dette.

Åpne data basert på felles standarder er en forutsetning for at dette skal kunne realiseres. Godsnæringen har tradisjonelt vært restriktiv til å dele konkurransesensitive data, og dette representerer en betydelig barriere mot å utnytte fordelene som ny teknologi åpner for.

9.4.2 Smarte terminaler

Digitalisering gir store muligheter for økt effektivisering og kostnadsreduksjon i godsterminalene. Terminaler og omlasting av gods representerer høye kostnader og stort tidstap. Automatiserte og mer effektive terminaler vi gi betydelig kostnadsreduksjon og krever smartere samhandling mellom transportformene ved omlasting/skifte av transportform.

[50] Radio Frequency Identification

Potensialet for automatisering av terminaler er stort. Teknologien er allerede moden, men det er kun de aller største terminalene som har tatt den i bruk i full skala. Knapphet på areal og høye investeringskostnader er sentrale barrierer for innføring. Teknologi kan gi utvikling av nye fremtidige løsninger som er både areal- og kostnadsbesparende sammenlignet med dagens løsninger, og som muliggjør døgnkontinuerlig drift. På lang sikt forventes det at i all hovedsak alle terminaler er fullautomatiserte og har døgnkontinuerlig drift.

Gjennom deling av informasjon kan nye verdinettverk oppstå og det utvikles forretningsmodeller som logistikkaktørene tjener på å knytte seg til. Leveranser som en tjeneste [51] er eksempel på en slik forretningsmodell. Tjenesten gir flere tilbydere mulighet til å vise seg fram, kundene får god oversikt over alle relevante konkurransedyktige tilbud, transporttilbyderne vil ha interesse av økt tilgang på kunder, og terminalaktørene vil ha økonomisk interesse av økt bruk av terminaltjenester. Tjenesten vil kunne omfatte hele transporten fram til sluttkunde eller til lager. En slik konkurransenøytral tjeneste vil kunne bidra til bedre kapasitetsutnyttelse i terminalene.

9.4.3 Smart distribusjon i byområdene

Distribusjon i byområdene kan i fremtiden endre karakter som følge av innføring av ny teknologi. Et eksempel på slik endring er utbredelsen av e-handel. E-handel har allerede gitt reduksjon i antallet fysiske butikker, og varer blir i økende grad levert direkte hjem til sluttbruker eller via pakkestasjon. Dette gir et helt nytt distribusjonsmønter, og stiller nye krav til transportene.

Urbanisering og utvikling av smarte byer gir generelt et økt press på arealer i byområdene, og arealer til godstransportformål må vike plass for boliger, servicefunksjoner m.m. Nullvekstmålet forventes å legge ytterligere begrensninger for godstransport i byområder.

Figur 26: Er droner fremtidens distribusjonsløsning? Foto: Gerd Altmann, Pixabay

For distribusjon av gods i byområdene[52] er det særlig viktig å ta i bruk ny teknologi og smart flåtestyring for å lette presset på transportsystemet og arealbruken. Transportformer som autonome droner, automatisk selvstyrte vogner eller andre type kjøretøy, vil utgjøre verdifulle og arealeffektive supplement til dagens distribusjonskjøretøy. På sikt vil all distribusjon kunne tas av slike nye kjøretøy.

Dette vil kreve målrettet regulering av hvordan selvkjørende kjøretøy, enkeltvis og sammenkoblet, skal operere i byområdet mht. prioritering av typer transporter og av veikapasitet. Bruk av droner til godstransport og distribusjon krever regulering av luftrommet og innebærer behov for infrastruktur til lasting/lossing på egnede oppsamlingssteder slik at unødig trafikk i og over boligområdene unngås. Droner legger imidlertid beslag på svært lite infrastruktur, og kan være et viktig bidrag til effektiv arealbruk.

I tillegg til nye transportmidler, utvikles det også teknologi for smarte leveranser. Eksempler på dette er låseteknologi og smarte «postkasser», hvor leveransen oppbevares inntil mottaker henter den ut. Slike løsninger kan tjene flere hensikter. De kan anvendes for å levere til personer som ikke er hjemme, eller til bedrifter utenom åpningstid. De kan også erstatte personlige leveranser. Det innebærer at alt blir levert til

[51] DaaS – Delivery as a Service
[52] https://www.ntp.dep.no/dokumentliste/_attachment/2533472/binary/1304870?_ts=167ad7dcc90

en slik postkasse, og dermed unngår man manuelle operasjoner ved avlevering/mottak. Kvittering for mottakelse kan gå automatisk når postkassen åpnes. Dette kan gi betydelige kostnadsbesparelser og muliggjør at distribusjon kan spres over hele døgnet.

9.5 BETALINGSLØSNINGER OG BILLETTERING

Blokkjede-teknologi[53] kan benyttes for betalingsløsninger i en digitalisert logistikkjede eller til en hvilken som helst transaksjon der informasjon eller verdier skal utveksles og man er avhengig av tillit til utvekslingen. Stadig flere bedrifter tar i bruk slik teknologi sammen med smartkontrakter (se kapittel 8.3), hvor partene i hver sekvens i kontrakten kan verifisere at en tjeneste eller operasjon er utført. Betalingen gjennomføres først når tjenesten er godkjent, og betalingen bekreftes av alle i nettverket. Dermed er partene sikret at den er gjennomført. Etablert tillit mellom aktørene er da ikke avgjørende for å inngå kontrakten, siden sekvensiell gjennomføring av kontrakten løser forholdet mellom partene: hvis utført – betal, hvis ikke – ikke betal.

Det kan for eksempel inngås en kontrakt om transport og betaling for en forsendelse i en optimal rute fra A til B. Hvert ledd i transportkjeden verifiserer gjennomført operasjon og betaling gjennomføres til slutt. Kontraktene i logistikknæringen kan ta høyde for at det kan oppstå behov for å endre rutealternativ underveis. Når godset når sin destinasjon, vil det være betalt kun for den reelt utførte transporttjenesten. Detaljer omkring fordeling av inntekt og ledig kapasitet hos hver enkelt transportoperatør deles ikke nødvendigvis, og unødvendige og kostnadsbærende mellomledd mellom vareeier og transportør blir overflødige.

For utstrakt bruk innen godstransporter, må det utarbeides regelverk som sikrer utveksling av tilstrekkelig informasjon samtidig som hensynet til konkurransesituasjon og anonymitet ivaretas. Regelverket må også omfatte forhold som skattlegging, fortolling, forsikring, samt rettigheter og plikter ved kontraktsbrudd.

Teknologien og smartkontrakter har stort potensial for å effektivisere og strømlinjeforme tjenester i en logistikkjede. Det franske flyselskapet AXA har eksempelvis utviklet en applikasjon for umiddelbar kompensasjon ved forsinkede flyvninger. Straks flyvningen din er over 2 timer forsinket, får du opp valgalternativer for kompensasjon i applikasjonen din. Eiendomsmeglerne Propy har implementert smartkontraktløsningen for kjøp og salg av eiendommer internasjonalt. Dette gjør det eksempelvis mulig for en kjøper i Europa å skaffe seg en investeringseiendom i Asia. Ved hjelp av Propys smartkontrakt gjennomføres kjøpet på rekordtid, og verken kjøper eller selger trenger å uroe seg for mislighold av avtalen.

Når det gjelder passasjertransport vil de elektroniske kortene med lagret billettmedium på kort gradvis fases ut fram mot 2030, og mobilplattformen vil bli dominerende i passasjertrafikken sammen med nye skybaserte løsninger for kontobasert billettering.

Kontobasert billettering baserer seg på en ID som gir deg rett til å reise. IDen kan være tilknyttet din personlige identifikasjon, eller den kan være anonym ved at den ligger på et kort, mobil, bankkort eller annen bærer. Konto-ID linkes til inngått reiseavtale. Lengre frem i tid kan identifikasjon gjennomføres basert på ansiktsgjenkjenning eller implantat i den reisende, som da automatisk blir gjenkjent. Teknologien muliggjør at kunden reiser fra dør til dør på tvers av transportformer og -tilbydere, og blir belastet for reisen i etterkant. Kunden legger igjen elektroniske spor i hvert transportmiddel, som danner grunnlaget for utregning av prisen. Denne løsningen vil være fullt forenelig med løsninger innen kombinert mobilitet.

[53] https://coinweb.no/hva-er-smartkontrakter/, se også kapittel 8.3

10 FREMTIDENS TRANSPORTMIDLER

Figur 27: Blade Runner (1982)

Hvor lett er det å forutse løsninger 30 til 50 år frem i tid? I den futuristiske og dystopiske filmen Blade Runner fra 1982, er handlingen lagt til året 2019. Filmen så altså 37 år frem i tid. Med fasiten i hånd ser vi at filmen treffer imponerende godt for flere teknologier. Blant disse er videotelefoni, stemmestyring, små kamera som minner om web-kameraer og genteknologi. Filmen er imidlertid for optimistisk på områder som flyvende biler, kolonier i verdensrommet og menneskelignende roboter. På den andre siden forutses ikke selvkjørende biler, mobiltelefoni og flatskjermer.

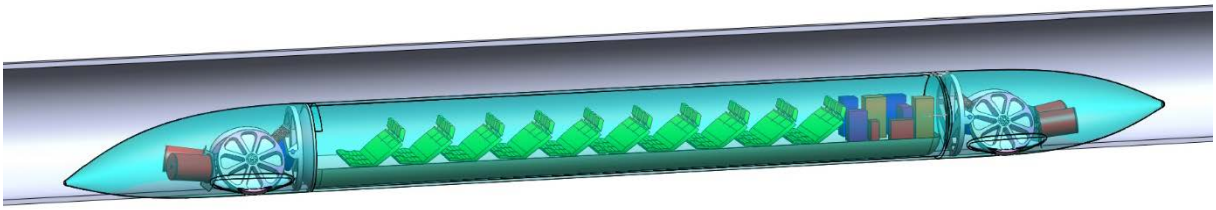
Kilde: Birger Vestmo, NRK

10.1 TRANSPORT I RØR

Rørsystemer har lenge vært brukt til transport av væske og gass, men har ikke vært like vanlig for transport av solide materialer. Inntil nylig har eksisterende systemer for transport av solide materialer i rør vært pneumatisk og gått over relativt korte distanser. For eksempel intern rørpost (brukes blant annet på St. Olavs i Trondheim) og automatisk søppelsamling (Bodø, Bergen og Stockholm, og kommer i Oslo). Offshore benyttes transport i rør over lange strekninger i stor grad. Med et økende behov for å få godstransport bort fra vei, og en rask utvikling i graden av automasjon i varehus og lager, er det nå stadig økende interesse for å utvikle en rørinfrastruktur for transport av varer på medium og lengre distanser. De nye transportløsningene er alle selvkjørende og elektrisk drevne. Fordelen med disse systemene er at de kan redusere belastningen på vei, bruker velkjent teknologi, har svært lav operasjonskostnad, stor grad av fleksibilitet for transportør og mottaker, og siden de foregår i lukkete systemer er de ikke avhengig av å vente på at kjøretøy skal bli fullt autonome. Slike løsninger er demonstrert og prosjektert for transport av blant annet containere (California, Singapore) og for palletransport (UK, Tyskland, Sveits med flere). Tilsvarende er det stor internasjonal interesse for å utvikle rørtransport av mennesker som alternativ til konvensjonelle transportsystem, som både er kostbare og innebærer relativt lang reisetid.

Hyperloop er en spesiell form for høyhastighets rørtransport av passasjerer og gods. Teknologien bygger på ideen om å sende kapsler i rørsystem som har svært lavt lufttrykk for å minke luftmotstand og energiforbruk. Selve transportmidlet er transportkapsler (også omtalt som «podder») som forflytter seg ved hjelp av luftputer (eller magnetisk levitasjon, maglev). Dette gir svært lav friksjon. Energioverføringen skjer ved hjelp av en lineær induktiv motor. Kombinasjonen av lav luftmotstand og lav friksjon gjør at kapslene kan oppnå svært høye hastigheter – muligens opp mot lydhastigheten på 300m/s, men trolig noe lavere. Beregninger viser at ved 1000 km/t vil energibruket være kun 3kW. Pga. den høye hastigheten egner Hyperloop seg for transport over lengre distanser, men kan selvfølgelig også benyttes ved lavere hastigheter, f.eks. i og til byer som ligger nær hverandre. Systemet er avhengig av rette strekninger med stor radius, noe som for norske forhold betyr at systemet i stor grad må installeres i tunneler. Dersom mange tunneler vurderes som en for høy investeringskostnad kan man minske rørsystemets radius, senke hastigheten og kjøre på overflaten.

Hyperloop-teknologien er ikke ferdigutviklet, og det gjenstår å se om teknologien er egnet for blir kommersiell realisering. Det planlegges og gjennomføres nå tester og pilotprosjekter flere steder i verden. I tillegg utredes det i mer enn 20 land, deriblant Finland, hvordan teknologien kan komme til anvendelse. Virgin Hyperloop One har en kortere, noe nedskalert integrasjons- og utviklingsanlegg i Nevada-ørkenen utenfor Las Vegas, USA og et utviklingssenter vil bli bygget nær Malaga i Spania i regi av ADIF.



Figur 28: Hyperloop Cheetah kapsel. Kilde: Wikimedia commons

Det planlegges også et testanlegg i Salo, Finland. Når testene ved anlegget er ferdige og hyperloop-systemet kan anses å være sikkert, foreligger det planer om en hyperloop-strekning fra Salo til Åbo, og deretter til Helsinki. Et norsk initiativ har lansert forslag om å gjøre en mulighetsstudie for hyperloop-transport av fisk fra oppdrettsanlegg til distribusjonsanlegg eller videre ned til kunder i Europa.

I løpet av seks år har mange selskaper blitt etablert for å imøtekomme utviklingen av teknologien. Flere selskaper, bl.a. TransPod, Virgin Hyperloop One, Hardt og Hyperloop Transportation Technologies, anslår at det første systemet kan være kommersielt operativt ca. 2025. Dersom hyperloop blir kommersielt realisert i stort omfang vil det utfordre alle transportformer over lange avstander, for eksempel dagens regionale fly og høyhastighetstog.

India ligger i front for kommersiell anskaffelse av utvikling av en hyperloop-strekning. En mulighetsstudie av en strekning mellom Mumbai og Pune i India, via Mumbais internasjonale flyplass, har blitt utlyst av den indiske staten. Som eksempel vil strekningen ta 25 minutter med hyperloop, sammenliknet med 2,5 timer med bil og over 3 timer med tog. Strekningen er komplisert med mange bruer, sjøer og med flere tunneler og vil kreve nye teknologiske, innovative løsninger.

Hyperloop tilbyr muligheter for nye tanker rundt transport og samfunnsutvikling. Korte reisetider åpner for utvikling og sammenkobling av mindre regionale tettsteder fremfor urbanisering inn mot store byer. Regionale eksempler er «Oslo-loopen» hvor en hyperloop-strekning rundt Oslofjorden vil knytte sammen 7-8 tettsteder, og «Mälarringen» i Sverige hvor 10 steder rundt sjøen Mälaren, som står for ca. 50% av Sveriges BNP, vil bli knyttet sammen. Felles for de to eksemplene er at reisetiden mellom dem er estimert til kun 5-15 minutter. Tilsvarende anslås det at man vil kunne reise fra Oslo til Stockholm eller København på ca 30 minutter, og man vil dermed kunne knytte sammen regioner og land på en helt ny måte.

Ovenstående eksempler viser til persontransport. Dersom persontransport skjer med hyperloop, kan dette frigi kapasitet for transport av tungt gods over lengre strekninger på tradisjonell jernbane.

Dersom hyperloop-teknologien blir moden for kommersiell anvendelse, vil det kreve utvikling av et omfattende internasjonalt lovverk før den kan tas i bruk.

10.2 AUTOMATISERTE/AUTONOME FLY OG DRONER

Drone er i denne sammenhengen definert som et ubemannet luftfartøy som kan kontrolleres med fjernstyring eller fly autonomt ved hjelp av programvare, sensorer og GPS[54]. Droner finnes i størrelser fra små personlige droner (PRS) eller Nano-UAV'er (UAV = «Unmanned Air/Aerial Vehicle») til fly med vingespenn på over 40 meter. Denne teksten omhandler kun luftfartøy, ikke ubemannede terrenggående kjøretøy, båter eller ubåter.

[54] Store Norske leksikon

Med utviklingen av droner (særlig til militære formål) har fjernstyrte og autonome flygninger imidlertid blitt relativt vanlige. De siste årene har utviklingen av batteriteknologi ført til stor interesse for såkalt «urban air transport", "urban air taxi» eller «passenger drone». De fleste med rekkevidde opp mot 100 km og 1-4 passasjerer. Mer enn 70 slike prosjekter er under utvikling og enkelte av dem er finansiert av store internasjonale aktører som Airbus, Boeing, Google og Uber. Svært store ressurser settes inn i arbeidet, og de fleste prosjektene har en målsetting om autonom operasjon.

De siste årene har det vært en rivende utvikling innen droneteknologi. Dette skyldes en kombinasjon av teknologiutvikling og et kraftig prisfall på sensorer og beregningskraft.

Flere selskaper ser på muligheter innen «the Urban Air Mobility Market». Selv om dette begrepet på norsk kan oversettes til bynær luftbasert mobilitet, kan potensialet vise seg å være stort også utenfor byområdene, kanskje ved å binde sammen distrikter og sentrumsområder på en ny og smidig måte.

Både Airbus, Boeing og andre aktører har gjennomført testflyvninger av luftfartøy utviklet for autonom passasjertrafikk[55].

Figur 29: Airbus utvikler flere konsepter for bytransport

Det er noen forutsetninger som må på plass for at persontrafikk med bynær lufttransport skal få et tilstrekkelig volum:

- Autonomitet, det vil si at det ikke kreves flyferdigheter av passasjerer, eller tekniske ferdigheter utover rent konfigurasjonsmessige, f.eks. at passasjer kan sette informasjon om hvor man skal fly, innvendig temperatur, mv.
- Teknologiske forutsetninger; at produksjon, batteri, programvare, materialvalg, mv. er tilstrekkelig modent til å utvikle autonome enheter
- Regulatoriske forutsetninger; at luftrommet kontrolleres og styres på en trygg måte
- Økonomiske forutsetninger; at løsningene er rimelige nok til at det blir en volumløsning
- Klimarelaterte effekter, f.eks. at enhetene drives uten fossile utslipp, men på batterier eller brenselceller

Droner som kan operere autonomt eller fjernstyres kan benyttes på en rekke områder. Eksempelvis til overvåkning/observasjon, reparasjon eller frakt av passasjerer eller godstransport.

[55] Autonomous Passenger Air Vehicle

Droner forventes å kunne ha en betydelig rolle innen drift og vedlikehold av transportinfrastruktur. Droner har de siste par årene blitt utredet for forskjellig bruk i transportsektoren.

Autonome droner vil i fremtiden kunne operere trygt med svært liten risiko for uønskete kollisjoner i både delvis trange og åpne omgivelser. Små og mellomstore droner (f.eks. take-off-vekt < 25 kg) vil i større grad kunne operere autonomt i vanskelige værforhold med vind, regn og snø. Enkeltdroner og samarbeidende droner vil kunne gjennomføre løft og håndtering av objekter, f.eks. sette sammen objekter, skru inn skruer osv. Innen logistikkbransjen blir det sett på om droner vil kunne gjennomføre last-mile-delivery i større skala. Droner som kjører autonomt i forkant av f.eks. skip og tog vil kunne gi tryggere transport fordi dronen kan oppdage f.eks. dyr eller ras på togskinnene.

10.3 FLYGENDE BILER

I 1940 uttalte Henry Ford de berømte ordene: "*Mark my word: a combination airplane and motorcar is coming. You may smile, but it will come.*" Etter den tid har det kommet mange forsøk på å kommersialisere flyvende biler, men ingen vi kjenner hvor det har blitt produsert mer enn et tosifret antall eksemplarer.

Dersom det gjøres et gjennombrudd i produksjonsteknologi som kan gjøre flygende biler radikalt mye mer kostnadseffektive å produsere, samt brukervennlige å betjene, og det regulatoriske ordner seg, kan vi ikke se bort fra at denne teknologien kan få et raskt gjennombrudd. Slike kjøretøy vil ha attraktive egenskaper, som tidvis å kunne forflytte seg raskt i luften, og å kunne bevege seg på bakken når det ikke er flyforhold, samt å bringe personer og bagasje helt frem til destinasjonen («last mile»).

Figur 30: Flyvende bil finnes i markedet. Kilde: www.pal/-v.com

Barrierene som gjør det vanskelig å designe og produsere flygene biler er blant annet at de må oppfylle regelverk både ift. luftfart og veitrafikk. Slike kjøretøy vil ofte ha bevegelige deler, f.eks. vinger som skal slås inn, som vil komplisere design, produksjon og økonomi. Designet for en flygende bil er blant annet begrenset av at størrelsen på kjøretøyet ikke må være større enn at det kan benyttes på offentlige veier.

Dersom flygende biler kan fly autonomt, uten krav til pilot-kompetanse for sjåførene, vil dette også kunne bidra til å senke barrierene for å ta i bruk slik teknologi.

Et alternativ til flygende biler er modulære løsninger. F.eks. jobber Audi og Airbus med et konsept hvor en separat passasjerkapsel kan benytte enten et bilunderstell eller en bærende drone.

Figur 31: Modulært konsept utarbeidet av Audi og Airbus

11 OPPSUMMERING

Transportetatene og Avinor skal planlegge for en lang tidshorisont, samtidig som det blir stadig vanskeligere å forutse hvilke endringer som følger av ny teknologi, andre trender og drivkrefter. Det er knyttet betydelig usikkerhet til den teknologiske utviklingen – både hvilken retning den tar, innenfor hvilken tidshorisont og med hvilken utbredelse. Innen strategisk transportplanlegging vil vi måtte ta noen valg ut fra forventninger om denne utviklingen og hvilket bidrag den kan gi til transportpolitisk måloppnåelse. Samtidig må det etableres strategier for hvor offensivt/proaktivt transportmyndighetene skal ta i bruk ny teknologi. Dette er en krevende oppgave, som det ikke finnes noen entydige svar på. Siden teknologisk utvikling forventes å ha en akselererende takt, vil det være nødvendig med hyppig revurdering av roller og prioriteringer.

Digitalisering, stadig økende tilgang på data og bruk av IT-baserte systemer og verktøy representerer store muligheter, men også store utfordringer. Utfordringene er eksempelvis knyttet til personvern, IT-sikkerhet, kvalitetssikring og manglende standardisering av data. Hvis vi ønsker en offensiv sektor, må også myndighetene ta en offensiv regulatorrolle. Et lovverk som er fleksibelt og oppdatert i henhold til teknologisk utvikling, er en forutsetning for at næringslivet skal kunne realisere mulighetene som ligger i ny teknologi. Tilsvarende vil en passiv utøvelse av regulatorrollen kunne føre til at markeder utvikler seg i en retning som ikke er forenlig med myndighetenes samfunnsmål.

De viktigste teknologiske trendene er knyttet til konnektivitet, automatisering og teknologi for nullutslipp.

Konnektivitet omfatter teknologier og applikasjoner som utnytter effektiv datautveksling mellom enheter (fremkomstmidler), aktører, infrastruktur og baksystemer i transportsystemet ved bruk av trådløs kommunikasjon og smart teknologi i kjøretøy og mobile enheter. Konnektivitet har som hensikt å bidra til økt sikkerhet, bedret mobilitet og redusert trengsel. Transportinfrastrukturen kan utnyttes mer effektivt ved at kjøretøy og fartøy kan kjøre tettere og jevnere, angi sin posisjon, destinasjon og kapasitet for andre potensielle passasjerer/gods. Konnektivitet er sentralt for effektiv og sikker overvåking, kontroll og styring av trafikken.

Automatisering og autonomi vil innebære store endringer for transportsystemet. Automatiserte operasjoner og prosesser som for eksempel autopilot og hastighetskontroll, har allerede gitt store bidrag til både fremkommelighet, effektivitet og sikkerhet. Teknologi for autonome kjøretøy er foreløpig ikke moden, men utvikles stadig og testes ut i virkelig trafikk. De mest tungtveiende motivasjonsfaktorene for innføring av autonomi i transportmidlene er reduserte kostnader til fører, samt høyere kvalitet og sikkerhet på transportene.

Det er en klar forventning om at ny teknologi og klimahensyn vil prege fremtidens transportsektor. Sektoren må realisere betydelige reduksjoner i utslipp av klimagasser dersom vi skal nå nasjonale mål om et fremtidig lavutslippssamfunn. Utviklingen innenfor bærekraftig energi i transportsektoren vil kunne påvirke framtidig infrastruktur og transportmidlene i seg selv. Elektrisitet lagret i batterier og/eller tilført kjøretøyene/fartøyene gjennom infrastrukturen som for eksempel induktive ladesystemer i veibanen, kjøreledninger over kjørefelt og skinnegang og ladesystemer i forbindelse med ferjekaier forventes til å bidra til merkbare endringer med hensyn til bærekraftig transport. Utvikling i bruk av hydrogen som energitype vil også påvirke fremtidig transport.

Ny teknologi muliggjør nye forretningsmodeller. Delingsøkonomien har åpnet døren for små aktører uten annen infrastruktur enn en mobil-app som knytter kunde og tilbud sammen, og en økende andel selskap justerer fokuset fra en tradisjonell verdikjede-tankegang til verdinettverk. Nye tjenesteleverandører entrer markedet, og rolledelingen mellom privat og offentlig sektor endres. Den tradisjonelle kollektivtrafikken suppleres og kan delvis erstattes av nye mobilitetstilbud. Et helhetlig tilbud til trafikantene forutsetter at offentlige og private tilbydere samhandler om å kombinere sine respektive mobilitetsløsninger.

De enkelte transportformene og deres respektive fortrinn endres og utfordres i takt med innføring av ny teknologi. I tillegg utvikles det nye transportformer som kompliserer bildet ytterligere. I fremtiden vil vi derfor kunne se en annen arbeidsdeling mellom transportformene mht. marked og geografi.

Flere valg og mer fleksibilitet gjør det ikke nødvendigvis enklere å planlegge og gjennomføre en reise eller transport. For å lykkes er det helt avgjørende med gode tjenester for planlegging og betaling slik at transportbrukeren lett kan orientere seg i reise- og transportalternativene for å finne den mest hensiktsmessige løsningen mht. transportmiddel, tid, pris og betalingsløsning. Tilgang til store datamengder i sanntid og gode analyseverktøy, gir informasjon som sikrer god planlegging, styring og avvikshåndtering. De reisende får skreddersydd veiledning og styring av personlige virtuelle assistenter basert på kunstig intelligens. Logistikkaktørene får tilgang til gode samhandlingsplattformer og nye transportmidler som muliggjør smarte løsninger for distribusjon i byområdene.