

2020:00149 - Åpen

Rapport

SmartFeeder: Hvordan kan smarte tilbringertjenester styrke kollektivtilbudet?

Erfaringer fra utprøving med selvkjørende minibusser i Norge

Forfattere

Lone-Eirin Lervåg

Trond Foss

Gunnar D. Jenssen

Per J. Lillestøl



Rapport

SmartFeeder: Hvordan kan smarte tilbringertjenester styrke kollektivtilbudet?

Erfaringer fra utprøving med selvkjørende minibusser i Norge

EMNEORD:

Selvkjørende kjøretøy
Automatiserte kjøretøy
Mobilitet
Kollektivtransport

VERSJON

1.0

DATO

2021-02-22

FORFATTERE

Lone-Eirin Lervåg, Trond Foss, Gunnar D. Jenssen og Per J. Lillestøl

Foto forside: SINTEF

Brakars selvkjørende
minibuss på Kongsberg**OPPDRAGSGIVER**

Jernbanedirektoratet

OPPDRAGSGIVERS REF.

Ragnhild Wahl

SINTEF 2020:00149

Åpen

PROSJEKTNR

102015052

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

46

SAMMENDRAG

Hvordan kan smarte tilbringertjenester styrke kollektivtransporten? Erfaringer fra utprøving med selvkjørende minibusser i Norge

Forskningsprosjektet SmartFeeder har fulgt innføringen og den første utprøvingen av selvkjørende minibusser i Norge (2017-2020). Hensikten har vært å bygge kunnskap om hvordan automatiserte mobilitetstjenester kan bidra til å styrke kollektivtilbudet, for på sikt å medvirke til en bærekraftig omstilling av transportsystemet. Gjennom studier av lovgrunnlag og rammebetingelser, driftserfaringer, trafikkikkerhet, brukerssept, tjenestetilbud og muligheter for næringsutvikling har prosjektet samlet erfaringer og bygd kunnskap som støtter myndigheter og tjenestetilbydere i innføringen av smarte mobilitetstjenester i det norske transportsystemet.

Prosjektet er gjennomført i samarbeid med Jernbanedirektoratet (prosjekteier), Statens vegvesen Vegdirektoratet, ITS Norway, Acando/CGI, Forus Mobility og Applied Autonomy, med delfinansiering av Norges forskningsråd. I tillegg har prosjektet inngått samarbeid med de fem første pilotene med selvkjørende minibuss på offentlig veg i Norge: Forus (Kolumbus), Fornebu (Obos), Gjøvik (Gjøvik kommune), Kongsberg (Kongsberg kommune) og Oslo (Ruter).

UTARBEIDET AV

Lone-Eirin Lervåg

SIGNATUR

**KONTROLLERT AV**

Terje Reitaas

SIGNATUR

**GODKJENT AV**

Roar Norvik

SIGNATUR

**RAPPORTNR**

2020:00149

ISBN

978-82-14-06313-4

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Forord

Denne rapporten presenterer hovedresultatene fra forskningsprosjektet SmartFeeder. SmartFeeder har fulgt den første innføringen og utprøvingen av selvkjørende minibusser i Norge, i perioden 2017-2020. Formålet med prosjektet har vært å bruke de tidlige piloterfaringene til å bygge kunnskap om hvordan tilrettelegging for automatiserte tilbringertjenester kan bidra til å styrke fremtidens kollektivtilbud. Sentrale forskningstema omfatter bruk av selvkjørende kjøretøy under norske klimaforhold og trafikkultur, konsekvenser for sikkerhet og miljø, brukeraksept og endring i reisevaner, lovgrunnlag for selvkjørende kjøretøy i blandet trafikk, utvikling av evalueringsmetodikk, forretningsmodeller og støttesystemer. Prosjektet har ikke primært vært rettet mot kjøretøyenes tekniske løsninger, men isteden satt søkelyset på rammebetingelser, krav og forutsetninger for å lykkes med å oppnå sikre, effektive og miljøvennlige kollektivtjenester i et lengre tidsperspektiv. Teknologisk funksjonalitet og modenhet er likevel tatt med i vurderinger av driftsstabilitet og trafiksikkerhet, og dermed inkludert i prosjektets konklusjoner.

Prosjektet skal bidra til innovasjon i offentlig sektor og er delfinansiert av Norges forskningsråd gjennom Transport 2025-programmet. Vi vil gjerne takke våre prosjektpartnere for meget godt samarbeid: Jernbanedirektoratet (prosjekteier), Acando/CGI, Forus Mobility, Applied Autonomy, ITS Norge og Statens vegvesen Vegdirektoratet. Vi vil også takke våre samarbeidspiloter som velvillig og fortløpende har delt erfaringer og data med prosjektgruppen: Forus (Kolumbus), Fornebu (OBOS), Gjøvik (Gjøvik kommune), Kongsberg (Brakar og Kongsberg kommune) og Oslo (Ruter). Dette har vært helt avgjørende for kunnskapsutviklingen.

Formålet med denne rapporten er å sammenfatte de mest sentrale erfaringer og hovedresultatene fra prosjektperioden. Rapporten er forfattet av prosjektleder og seniorforsker Lone-Eirin Lervåg, seniorrådgiver Trond Foss, seniorforsker Gunnar D. Jenssen og spesialrådgiver Per J. Lillestøl. I tillegg har forsker Isabelle Roche-Cerasi og seniorrådgiver Terje Moen hatt sentrale roller i prosjektet og bidratt med grunnlagsdata for denne rapporten. Jernbanedirektoratet har gjennomført analyser og utarbeidet grunnlaget for kapittel 7 om Implementering og muligheter for skalering og samfunnsnytte.

Trondheim 10. februar 2021



Terje Reitaas

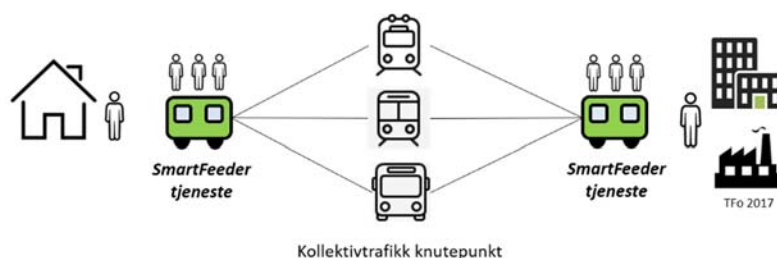
Innholdsfortegnelse

1	SmartFeeder: Smarte og grønne tilbringertjenester til kollektivtransport	4
1.1	Prosjektbeskrivelse	4
1.2	Bakgrunn og målsetting	4
1.3	Kunnskapsbygging i SmartFeeder	5
2	Pilotprosjekter	8
2.1	Forus	9
2.2	Fornebu	10
2.3	Gjøvik	11
2.4	Kongsberg	12
2.5	Oslo	13
3	Lovgrunnlag for utprøving av selvkjørende kjøretøy på norske veier	14
3.1	Myndighetenes rolle	14
3.2	Evaluering av forskriften og søknadsprosessen for SmartFeeder-pilotene	15
3.3	Anbefalinger for anvendelse og videreutvikling av lovgrunnlaget	16
4	Teknologisk modenhet og trafiksikkerhet	17
4.1	Teknologisk funksjonalitet	18
4.2	Krav til fysisk og digital infrastruktur basert på driftserfaringer	19
4.3	Trafiksikkerhet.....	21
5	Brukerperspektivet	23
5.1	Brukerundersøkelser og studier av aksept for selvkjørende minibusser	23
5.2	Piloterfaringer og resultater	24
5.3	Begrensninger og suksesskriterier for videre utrulling	28
6	Innovasjon og verdiskaping for norsk næringsliv	29
6.1	Smarte tilbringertjenester – roller, aktører og verdistrømmer	29
6.2	Muligheter for norsk næringsutvikling	33
6.3	Hvordan legge til rette for innovasjon og verdiskaping?	35
7	Implementering, mulighet for skalering og samfunnsnytte	37
7.1	Prosjekterfaringer - suksesskriterier og barrierer.....	37
7.2	Aktuelle markedssegmenter og nye mobilitetstjenester	40
7.3	Anbefalinger og behov for videre forskning og pilotering	42
8	Hva har vi lært? Konklusjoner og anbefalinger	43

1 SmartFeeder: Smarte og grønne tilbringertjenester til kollektivtransport

1.1 Prosjektbeskrivelse

Forskningsprosjektet SmartFeeder (*Smarte og grønne tilbringertjenester til kollektivtransport*) frembringer kunnskap om hvordan bruk av automatiserte tilbringertjenester kan bidra til et bærekraftig og fremtidsrettet transportsystem. Prosjektet har fulgt innføringen og den første utprøvingen av selvkjørende, elektriske minibusser i Norge, i perioden 2017-2020. Formålet med prosjektet har vært å studere hvordan slike tjenester kan styrke kollektivtransporten gjennom å tilby et sammenhengende og attraktivt reisetilbud fra dør til dør. Gjennom studier av rammebetingelser, tjenestetilbud, brukeraksept og forretningsmodeller har prosjektet samlet erfaringer og bygd kunnskap som støtter myndigheter og aktører i innføringen av smarte mobilitetstjenester i det norske kollektivtilbudet.



Figur 1: Konseptskisse av smarte tilbringertjenester som sikrer et sammenhengende kollektivtilbud.

Prosjektet er gjennomført i samarbeid mellom offentlige og private aktører, med Jernbanedirektoratet som prosjekteier, SINTEF som prosjektleder og forskningspartner, og med Statens vegvesen Vegdirektoratet, ITS Norway, Acando/CGI, Forus Mobility og Applied Autonomy som prosjektpartnere. I tillegg har prosjektet inngått samarbeid med de fem første pilotene med selvkjørende minibuss på offentlig veg i Norge: Forus (Kolumbus), Fornebu (Obos), Gjøvik (Gjøvik kommune), Kongsberg (Kongsberg kommune) og Oslo (Ruter). Prosjektet er delfinansiert av Norges forskningsråd gjennom Transport 2025-programmet.

1.2 Bakgrunn og målsetting

Automatisering av kjøretøy er et fagfelt i rask utvikling. Innføring og bruk av selvkjøringsteknologi kan få store konsekvenser, både for den enkeltes transportmønster, trafikksystemets utforming og fremtidig byutvikling. En fremtid basert på private, individuelle transportløsninger vil medføre økt transportetterspørsel med behov for omfattende infrastruktur og arealbruk. I motsatt retning kan selvkjøringsteknologi tas i bruk på en måte som styrker det kollektive transporttilbudet, med mer effektive og attraktive tjenester. På sikt kan dette gi et viktig bidrag til en grønn omstilling av reisevaner med reduserte klimautslipp og mer bærekraftig bruk av transport- og arealressurser. SmartFeeder-prosjektet skal frembringe et kunnskapsgrunnlag for fornuftig innføring av smarte mobilitetstjenester i fremtidens kollektivsystem. Fokuset er ikke på de selvkjørende kjøretøyene i seg selv, men på hvordan de kan introduseres og anvendes på en måte som kommer trafikantene, samfunnet og norsk næringsliv til gode.

I løpet av prosjektperioden (2017-2020) har det vært en betydelig utvikling av fagfeltet. Selvkjørende minibusser har gått fra å være prototyper som demonstreres i avgrensede showcase til å bli kommersielle produkter for storskala uttesting på virkelig veg og i blandet trafikk. Automatiserte transportløsninger ble hjemlet i lovverket gjennom en ny lov for utprøving av selvkjørende kjøretøy på offentlig veg i Norge i januar 2018. Siden den gang er det realisert flere norske piloter med selvkjørende minibusser. Prosjektet har fulgt de

fem første norske pilotene, og prosjektpartnerne har hatt en sentral rolle i gjennomføringen av disse. SmartFeeder gir dermed et helhetlig bilde av aktivitetene rundt utprøving av selvkjørende kjøretøy i Norge i perioden 2017-2020.

Formålet med SmartFeeder-prosjektet har vært å bruke de tidlige piloterfaringene til å bygge kunnskap om hvordan tilrettelegging for automatiserte tilbringertjenester kan bidra til å styrke fremtidens kollektivtilbud. De viktigste forskningsutfordringene (temaene) i prosjektet er bruk av selvkjørende kjøretøy under norske forhold, konsekvenser for sikkerhet og miljø, brukeraksept og endring i reisevaner, lovgrunnlag for selvkjørende kjøretøy i blandet trafikk, utvikling av evalueringsmetodikk, forretningsmodeller og støttesystemer. Prosjektet har ikke primært vært rettet mot kjøretøyenes tekniske løsninger, men isteden satt søkelyset på rammebetingelser, krav og forutsetninger for å lykkes med å oppnå sikre, effektive og miljøvennlige mobilitetstjenester i et lengre tidsperspektiv. Teknologisk funksjonalitet og modenhet er likevel tatt med i vurderinger av driftsstabilitet og trafikksikkerhet.

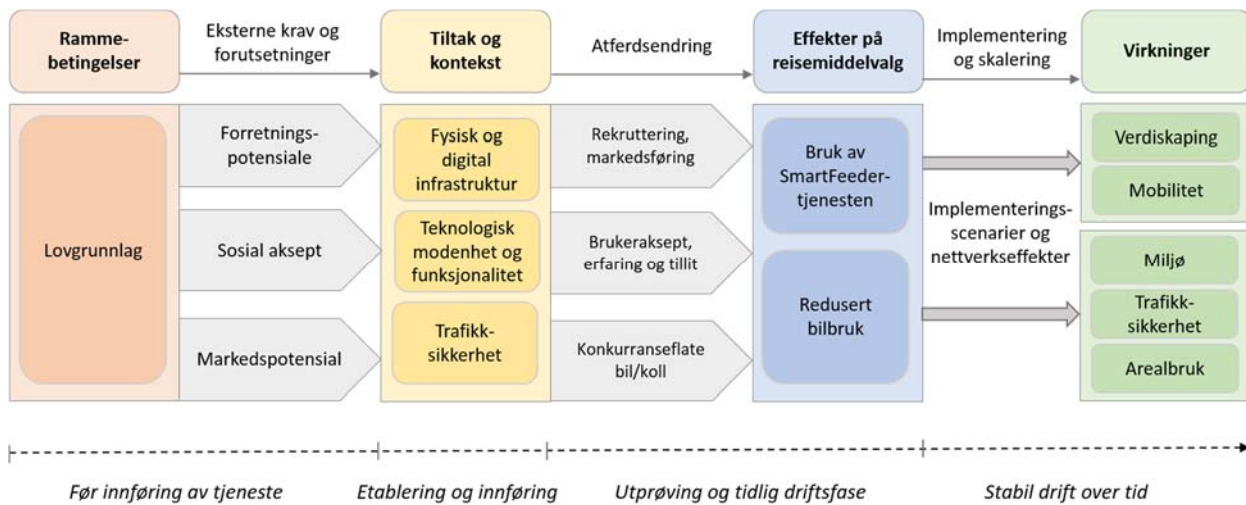
Prosjektet har vært en konkurransenøytral arena hvor de ulike aktørene fra offentlig sektor, næringsliv og akademia har utvekslet erfaringer og sammen identifisert utfordringer og god praksis innenfor et forholdsvis nytt fagfelt. Videre har prosjektet bidratt til utstrakt formidling og synliggjøring av de norske pilotaktivitetene internasjonalt.

1.3 Kunnskapsbygging i SmartFeeder

Gjennom studier av rammebetingelser, brukeraksept, forretningsmodeller, reiseatferd og samfunnseffekter har SmartFeeder-prosjektet utviklet kunnskap som støtter opp om en god og smidig innføring av smarte tilbringertjenester i det norske kollektivtilbudet. Kunnskapsbyggingen i SmartFeeder er forankret i et teoridrevet og systemorientert vitenskapsperspektiv som tar høyde for følgende forutsetninger:

- Selvkjørende minibusser har høy innovasjonsgrad og kompleksitet, og er i stadig utvikling. Det forventes at både teknologiutvikling og fortløpende tilpasning av implementeringen vil bidra til en stadig forbedring av automatiserte tilbringertjenester i løpet av prosjektperioden.
- Prosjektet skal etablere kunnskap om de kontekstuelle faktorene (barrierer og suksessfaktorer) som påvirker hvorvidt man lykkes med implementering av smarte tilbringertjenester. Pilotstudiene handler i mindre grad om å dokumentere et øyeblikksbilde av effekter, men søker heller mot å øke forståelsen for hvorvidt og eventuelt hvordan slike tjenester har potensial til å oppfylle transportpolitiske målsettinger i et lengre tidsperspektiv.
- Det finnes foreløpig begrenset empiri om årsakssammenhenger og effekter av automatiserte transporttjenester, og det er derfor behov for en eksplorativ tilnærming til mekanismene som utløser eventuelle effekter og virkninger.

Som del av evalueringsprosessen er det utarbeidet en systemteori for smarte tilbringertjenester, som illustrert i Figur 2. Systemteorien er en konseptuell modell av sammenhengen mellom innsatsen i tiltaket og de effekter og virkninger man forventer å oppnå på kort og lang sikt. Den forklarer altså hvordan smarte tilbringertjenester er ment å operere og utløse resultater i en gitt kontekst. Modellen kombinerer både *implementeringen* av tjenesten - hvilke betingelser som må være oppfylt for at tjenesten skal medføre et ønsket resultat, samt de underliggende *endringsmekanismene* som må inntreffe for at man oppnår en endelig virkning. Dette gir grunnlag for bred strategisk læring med tanke på fremtidig anvendelse av smarte tilbringertjenester i kollektivtilbudet og transportsystemet generelt.



Figur 2: SmartFeeder evalueringsmodell – systemteorien for konseptet smarte tilbringertjenester

Evalueringsmodellen tar utgangspunkt i at visse rammebetingelser, eksterne krav og forutsetninger må være oppfylt for at det i hele tatt skal være aktuelt å etablere en automatisert tilbringertjeneste. De viktigste rammebetingelsene er knyttet til etableringen av et lovgrunnlag for testing av selvkjørende kjøretøy (som trådte i kraft i januar 2018), med en tilfredsstillende søknadsprosess mot tillatelse for kjøring på offentlig veg for pilotene. Videre legges det til grunn at det må finnes et forretningspotensial med kommersielle verdier som gjør det attraktivt for private tilbydere å etablere og drifte tjenesten. Dersom man skal lykkes med å attrahere brukere, må det finnes en viss sosial aksept¹ for selvkjørende teknologi i befolkningen, samtidig som tjenesten dekker et reelt transportbehov. Vellykket innføring av selvkjørende minibusser er avhengig av teknologisk funksjonalitet og modenhet – at tjenesten fungerer under norske vær- og trafikkforhold, og at den etableres i et helhetlig system med nødvendig infrastruktur (f.eks. ladestasjoner for bussene) og integrerte ITS-tjenester (f.eks. ruteopplysning og billettering). Hensikten med innføring av smarte tilbringertjenester er å oppnå effekter på reisemiddelvalg, i form av flere kollektivpassasjerer og redusert bruk av privatbil. Dette forutsetter en rekke mekanismer som utløser atferdsendring hos trafikantene; for det første må man lykkes med å informere og rekruttere brukere til den nye tjenesten, man må oppnå aksept og tillit hos faktiske brukere, og helst må tjenesten oppleves så attraktiv at den velges på bekostning av privatbil, og ikke av de som ellers ville syklet eller gått til fots (må altså påvirke konkurranseflaten mellom bil og kollektiv). På lengre sikt vil potensielle samfunns effekter i form av verdiskaping for norsk industri, økt mobilitet for befolkningen, redusert miljøbelastning, bedre trafiksikkerhet og gunstig arealbruk/byutvikling være avhengig av hvordan tjenesten implementeres i større skala, når pilotperioden med innføring og tidlig driftsfase er over.

Kunnskap om SmartFeeder-konseptet er etablert gjennom studier av systemteoriens ulike mekanismer og betingelser med utgangspunkt i pilotprosjektene. Datagrunnlaget inkluderer litteraturstudier, dokumentgjennomgang, intervju med sentrale pilotaktører og interessenter, datalogg fra de selvkjørende minibussene, drifts- og passasjerstatistikk, samt ulike brukerundersøkelser. Piloterfaringer og prosjekterresultater er drøftet og delt i regelmessige workshops med deltakere fra prosjektgruppen og aktører fra samarbeidspilotene gjennom hele prosjektperioden.

¹ Vi skiller mellom befolkningens *sosiale aksept*, som er en holdningsrelatert aksept som kan måles før innføring av tjenesten, og *brukeraksept* fra de som har faktisk erfaring med tjenesten.

Prosjektet har fulgt fem utvalgte norske piloter i oppstart- og tidlig driftsfase. Alle disse pilotene omfatter et konsept som har til hensikt å styrke kollektivtilbudet gjennom etablering av et dør-til-dør-tilbud, med tilknytning til et kollektivknutepunkt eller annen holdeplass. Pilotene har likevel noe ulik innretning med hensyn til omfang og målsettinger som vist i Tabell 1 (se kapittel 0 for utfyllende beskrivelse).

Tabell 1: De fem første norske selvkjøringpilotene. Aktivitetene inngår i grunnlaget for pilotstudier i SmartFeeder.

Pilot	Forus	Fornebu	Gjøvik	Kongsberg	Oslo (Ruter)
Beskrivelse	Arbeidsreiser i næringspark	Fritidstilbud i boligområde	Ringrute i Gjøvik sentrum	Verdens mest avanserte pilot	Kollektivtilbud i hovedstaden
Periode	juni – des 2018	juni – aug 2018	juli – sept 2018	Fra okt 2018 -	Fra mai 2019 -
Kjøretøy	EasyMile EZ10 1. generasjon	EasyMile EZ10 2. generasjon	EasyMile EZ10 2. generasjon	EasyMile EZ10 2. generasjon	Navya Arma
Distanse	5.000 km	3.440 km	161 km	4.072 km (nov 2019)	9.300 km
Passasjerer	6.500	10.000	449	3.016 (nov 2019)	22.000
Fokusområde resultater	Brukeraksept og trafikksikkerhet	By- og eiendomsutvikling	Teknologisk modenhet	Næringsliv og verdiskaping	Brukerperspektiv
Partner i SmartFeeder	Forus Mobility (tidl. Forus Prt)	CGI (Acando)	Applied Autonomy	Applied Autonomy, SVV	Samarbeidsavtale med Ruter

Foruspiloten i Stavanger var den første norske selvkjøringpiloten som ble satt i drift etter at lovverket åpnet for uttesting av selvkjørende kjøretøy på offentlig veg, og pilotaktivitetene har lagt vekt på å demonstrere trafikksikkerhet og oppnå brukerksept. På *Fornebu* skulle piloten avhjelpe et eksisterende trafikk- og parkeringsproblem, mens ambisjonen på lengre sikt har vært å utforske hvordan smarte tilbringertjenester kan bidra til en mindre privatbilavhengig by- og boligutvikling. På *Gjøvik* opplevde man vesentlige driftsutfordringer på grunn av krevende topografi, og fokuset ble dermed rettet mot den fysiske og digitale infrastrukturen, med teknologisk funksjonalitet og modenhet. *Kongsbergpiloten* er blant de mest avanserte selvkjøringpilotene på verdensbasis, med kjøring i et komplekst trafikkbilde under norske vinterforhold. På lengre sikt har denne piloten en tydelig målsetting om å stimulere til verdiskaping for norsk industri, med satsing på innovasjon og utvikling av bærekraftige forretningsmodeller. *Ruterpiloten* har hatt en annen tilnærming enn de øvrige, ved at den sikter mot en storskala systemtest, med vekt på hvordan selvkjørende minibusser påvirker mobilitetsbehov og byutvikling i et mer overordnet perspektiv.

Det var ikke forventet at pilotstudiene skulle produsere direkte sammenlignbare resultater, men det ble lagt til rette for at de kunne bidra med supplerende erfaringer som til sammen gir utfyllende kunnskap om suksesskriterier og barrierer for vellykket implementering av smarte tilbringertjenester i det norske kollektivsystemet.

2 Pilotprosjekter

Allerede i 2009 ble selvkjørende minibuss demonstrert i Trondheim i regi av EU-prosjektet CityMobil (Stam, Alessandrini, & Marco, 2010). I 2016 gikk slike busser fra å være forskningsbaserte prototyper til å bli kommersielle produkter klare for utprøving på virkelig veg. Dette avstedkom en rekke showcase omkring i landet, hvor kjøretøy og teknologi ble vist frem for publikum og beslutningstakere i transportsektoren på initiativ fra private teknologiaktører. I Norge ble det fra høsten 2016 og de neste par årene gjennomført 23 slike demonstratorer med over 20.000 passasjerer til sammen.

I januar 2018 ble det innført et nytt lovgrunnlag for utprøving av selvkjørende kjøretøy på offentlig veg i Norge (Stortinget, 2017a). Dette åpnet for storskala pilotering av selvkjørende kjøretøy på definerte vegstrekninger, etter risikovurdering og nødvendig godkjenning fra Vegdirektoratet. I perioden 2018-2020 ble det realisert fem selvkjøringspiloter i blandet trafikk på offentlig veg her i landet; Forus, Fornebu, Gjøvik, Kongsberg og Oslo, og i løpet av 2019 ble selvkjørende minibusser satt inn som en del av det ordinære kollektivtilbudet både på Kongsberg (Brakar) og i Oslo (Ruter). Disse pilotene har dannet grunnlaget for og samarbeidet om kunnskapsbyggingen i SmartFeeder-prosjektet.

De selvkjørende minibussene fra EasyMile og Navya som er testet her til lands oppgis fra operatørens side å kunne operere på automatiseringsnivå 4 (blant annet med restriksjoner på kjørestrekning) iht. SAE (2018). I testfasen har de kjørt med inntil seks passasjerer, og med en operatør (sikkerhetsvert) om bord som overvåker situasjonen og kan overta kontrollen om nødvendig. Bussene har kjørt med hastighet opp til 15 km/t og langs en fast kjørerute (fixed route autonomy). Selv om alle pilotene har vært innrettet som en tilbringertjeneste til det ordinære kollektivtilbudet (first/last mile), har utprøvingen hatt ulik vektlegging av teknologiutprøving, brukernes aksept og forretningsutvikling. Alle pilotene har bidratt med verdifull driftserfaring til prosjektet. En sammenstilling av pilotenes innretning og hovedfokus er presentert i Figur 3.



Figur 3: Innretning og omfang på de fem første pilotene med selvkjørende minibusser i Norge. Tall fra november 2019.

2.1 Forus

Den første storskala piloten med selvkjørende buss på offentlig veg i Norge, ble gjennomført på Forus i Stavanger. Pilotprosjektet var et samarbeid mellom kollektivselskapet Kolumbus, Forus Næringspark og transportselskapet Forus Mobility (tidl. Forus PRT). Det ble benyttet en selvkjørende minibuss fra EasyMile EZ 10 (1. generasjon). Totalt ble det kjørt 5.000 km med 6.500 passasjerer.

Pilotprosjektet var planlagt gjennomført i tre faser:

- *Fase 1:* Oppstart og demonstrasjon av kjøretøy på et avgrenset og lukket område.
- *Fase 2:* Testing i virkelig trafikkmiljø med blandet trafikk.
- *Fase 3:* Testing uten operatør om bord.

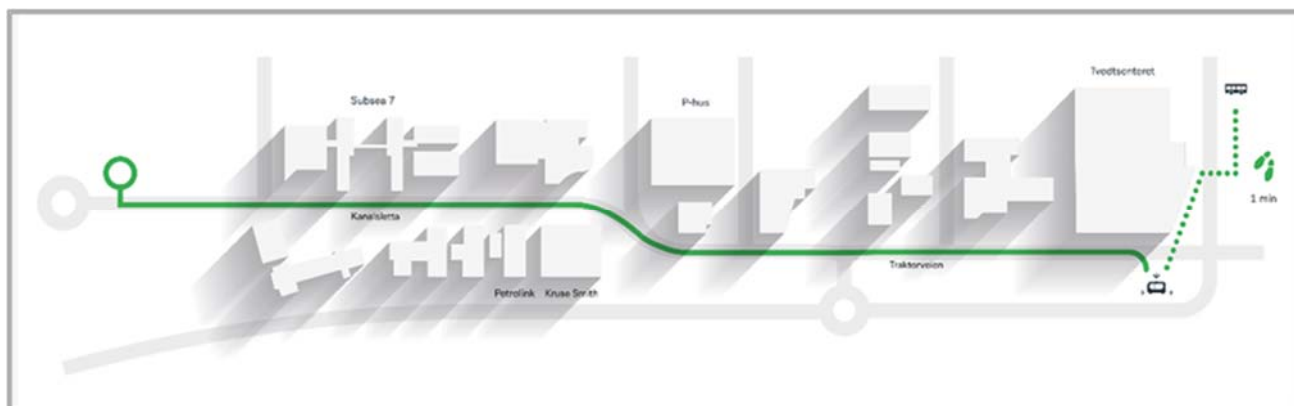
Fase 1 ble gjennomført fra januar 2017 – mai 2018. Testing under forskjellige vær- og føreforhold, og simulering av ulike trafikksituasjoner ble gjort under kontrollerte forhold. Opprinnelig målsetting om 200 timer kjøring uten inngripen fra operatør var oppnådd allerede i mai 2017. På dette tidspunktet fantes det ikke hjemmel i lovverket for testing av selvkjørende kjøretøy på offentlig veg, så uttesting på lukket bane ble videreført i påvente av nødvendig godkjenning fra myndighetene.



Figur 4: Selvkjørende minibuss på Forus

Fase 2 ble gjennomført i perioden juni – desember 2018. En selvkjørende buss trafikkerte en strekning på 1,2 km i Forus Næringspark. Piloten koblet arbeidstakere i et område med omkring 3.500 arbeidsplasser til det ordinære kollektivtilbudet, i et område som i utgangspunktet er svært bilbasert (80 % av reisene gjennomføres med bil). Strekningen hadde et forholdsvis komplekst trafikkbilde, med en god del tungtrafikk, øvrige busser, fotgjengere og syklist. Det ble iverksatt til dels omfattende tilrettelegging av infrastruktur i forkant av uttestingen, med skilting, fartshumper og tilpasning av kryssløsninger. Kjøretøyets høyeste tillatte hastighet ble i løpet av testperioden økt fra 12 km/t til 15 km/t.

Fase 3 ble ikke gjennomført. Dette var primært på grunn av tidsrammen i prosjektet (det ble forsinkelser siden oppstart fase 2 måtte avvete myndighetens lovgrunnlag). Det ville heller ikke vært realistisk å få godkjenning for kjøring uten operatør om bord basert på erfaringene fra fase 2.



Figur 5: Teststrekningen på Forus. Kilde: Forus PRT.

Pilotaktivitetene på Forus inkluderer vesentlig stresstesting av trafikksikkerhet (på lukket bane) og har lagt stor vekt på brukerrettet informasjon og kunnskapsformidling. Som første pilot ut har den også spilt en vesentlig rolle i utvikling og anvendelse av lovgrunnlaget for testing av selvkjørende kjøretøy på offentlig veg i Norge. Utfyllende informasjon om Forus-piloten finnes i rapporten *Foruspiloten. Testing av autonomt kjøretøy. Kolumbus, Forus PRT, Forus Næringspark, Stavanger 2018*.

2.2 Fornebu

Det ble gjennomført pilotering av selvkjørende minibuss på Fornebu sommeren 2018, i et boligområde som tidvis opplever stor trafikk og parkeringsproblemer i forbindelse med besøkende til Storøyodden badestrand. To selvkjørende minibusser av typen EasyMile EZ10 (2. generasjon) ble satt opp som gratis tilbringertjeneste mellom en større parkerings-/bussholdeplass og badestranden. Bussene gikk i shuttletrafikk 8 timer/per dag, langs en 1km lang strekning, fra juni til september. Bussenes maksimalt tillatte hastighet var 12,6 km/t. Totalt tilbakela bussene en distanse på 3.440 km og fraktet omtrent 10.000 passasjerer.



Figur 6: Illustrasjon av teststrekningen på Fornebu. Kilde: OBOS.

Pilotaktivitetene på Fornebu ble gjennomført i samarbeid mellom OBOS, Acando/CGI, Ruter, Nobina, og Bærum kommune. Formålet med uttestingen var å lære om hvordan smarte tilbringertjenester kan inngå i fremtidens områdeutvikling og byplanlegging, og det ble blant annet lagt stor vekt på gjennomføring av brukerundersøkelser. Videre har piloten spilt en viktig rolle med hensyn til utvikling av god praksis for risikoanalyser og søknadsprosessen mot vegmyndighetene. Utfyllende informasjon om Fornebupiloten finnes i rapporten *Pilotprosjekt selvkjørende elbuss sommeren 2018 på Fornebu. Sluttrapport til Vegdirektoratet. Acando, 2018*.



Figur 7: "Badebussen" på Fornebu. Kilde: OBOS.



Figur 8: Holdeplass selvkjørende buss. Kilde: SINTEF.

2.3 Gjøvik

Gjøvikpiloten ble gjennomført med en selvkjørende buss fra EasyMile EZ10 (2. generasjon) som betjente en 900 m lang ringrute i Gjøvik sentrum. Testingen foregikk i forholdsvis travelt bymiljø (Storgata via Øvre Torvgate til Fjellhallen) i perioden juli – september 2018. Tekniske utfordringer medførte at pilotaktivitetene ble redusert i forhold til opprinnelig plan. Bussen fra EasyMile var opprinnelig ikke i stand til å håndtere de bratte bakkene i Gjøvik, og girkassa (differensialen) havarerte tre ganger i løpet av testperioden. Dette resulterte i kun 18 dager med normal drift. Det ble totalt kjørt 161 km med 449 passasjerer. Pilotprosjektet opplevde også negativ omtale i lokalpressen i forbindelse med at parkeringsplasser ble fjernet i forbindelse med innkjøring og tilpasning av ruta. Piloten ble gjennomført i samarbeid mellom Gjøvik kommune og Applied Autonomy, og erfaringene er rapportert i *Pilotprosjekt med førerløs og elektrisk buss, Gjøvik kommune, Klimasats, 2019*.

Driftsutfordringene på Gjøvik har bidratt med nyttige erfaringer og læring for senere piloter. Hovedfokus ble rettet mot krav og forutsetninger knyttet til fysisk og digital infrastruktur, samt teknologisk funksjonalitet og modenhet. Pilotprosjektet har resultert i konkrete forbedringer av både utstyr og software hos produsenten (EasyMile), og således bidratt til at det utvikles materiell som er bedre egnet for nordiske forhold.



Figur 9: Selvkjørende minibuss på Gjøvik

2.4 Kongsberg

Kongsbergpiloten er den første selvkjøringspiloten med vinterkjøring i Norge, og blant de mest komplekse pilotene med selvkjørende minibuss i ordinær kollektiv rute i verdenssammenheng. To selvkjørende minibusser av typen EasyMile EZ10 (2. generasjon) betjener en strekning mellom jernbanestasjonen, sentrum, Universitetet i Sør-Norge og Teknologiparken, med retur gjennom Gågata. Hele strekningen utgjør til sammen 4,4 km tur-retur.

Uttestingen har foregått i tre faser:

- *Fase 1:* Gågata i sentrum (900 m). Oppstart oktober 2018 (pilot)
- *Fase 2:* Runde rundt Kongsberg Rådhus (2 km). Oppstart 3. des 2018 (pilot)
- *Fase 3:* Fra Jernbanestasjonen til Teknologiparken (4,4 km runde). Oppstart 23. april 2019 (rutekjøring Brakar linje 450)



Figur 10: Komplette bilder av rutene på Kongsberg

I april 2019 ble de selvkjørende elektriske minibussene satt inn i Brakars ordinære rutetilbud, hvor de erstatter en vanlig dieselsbuss. Det ble også innført ordinær billettering og betaling for voksne brukere av tjenesten (barn og honnør er gratis). Per januar 2021 er tjenesten fortsatt i drift. I løpet av SmartFeeder-prosjektets studieperiode var det totalt utkjørt 4.072 km med 3.016 passasjerer i Kongsbergpiloten (data per november 2019). Brukererfaringer er presentert i *Rapport om selvkjørende busser i Kongsberg sentrum, KANTAR/Brakar, 2019*.

I tillegg til driftserfaringer og kartlegging av brukertilfredshet, har Kongsbergpiloten hatt særlig fokus på hvordan teknologi og automatiserte transporttjenester kan bidra til norsk innovasjon og næringsutvikling. Piloteringsaktivitetene er gjennomført i samarbeid mellom Applied Autonomy, Brakar, Kongsberg kommune, Vy og Statens vegvesen.



Figur 11: Vinterkjøring på Kongsberg. Kilde: Applied Autonomy.

2.5 Oslo

Ruter har iverksatt utprøving av selvkjørende minibusser som en integrert del av kollektivtilbudet i Oslo. Pilotaktivitetene inngår i en strategisk, langsiktig satsing mot en bærekraftig systemendring av kollektivtilbudet. Ruter utvikler ikke selvkjøringsløsninger selv, men ønsker å kjøpe helhetlige tjenester i et leveransedyktig marked. Ruter har inngått samarbeidsavtale med den danske operatøren Holo (tidl. Autonomous Mobility) som besørger tilgang til og drift av kjøretøyene. Formålet med pilotaktivitetene har vært å forberede både egen organisasjon, leverandørmarkedet og befolkningen (kundene) på teknologiens fremvekst og fremtidens integrerte mobilitetstjenester.

I løpet av prosjektperioden ble det gjennomført følgende pilotaktiviteter:

- Forberedelser og forankring i egen organisasjon, kartlegging av leverandørmarked og gjennomføring av anskaffelsesprosessen (2017-2019).
- Pilot del 1 Akershusstranda (mai – desember 2019): Utprøving av to selvkjørende minibusser av typen Navya Arma på linje 35 mellom Kontraskjæret og Vippetangen. Tjenesten dekket en 1,2 km lang strekning langs havnepromenaden hvor det ikke fantes et offentlig transporttilbud fra før. Pilotperiode fra mai til desember 2019.
- Pilot del 2 Ormøya (oppstart desember 2019): Utprøving av tre selvkjørende minibusser av typen Navya Arma på rute 85B mellom Malmøya og Mossevegen. Tjenesten dekker en 1,3 km lang strekning som kobler et boligområde til det etablerte kollektivtilbudet.

Det er kun den forberedende fasen og Pilot del 1 som har inngått i SmartFeeder-prosjektets datainnsamling. I denne fasen er det registrert 9.300 utkjørte km med 22.000 passasjerer (data per desember 2019). Det var opprinnelig planlagt utrulling av en større flåte kjøretøy på et tidligere tidspunkt, men den innledende fasen med kartlegging av tjenestekonsept og leverandørmarked ble mer omfattende og tidkrevende enn forutsatt ved oppstart. De tidlige pilotaktivitetene har gitt erfaringer knyttet til samspill med andre trafikanter, befolkningens aksept og brukerkrav til ny teknologi og tjenester, samt innsikt i hvordan egen organisasjon kan utvikles for å møte fremtiden.



Figur 12: Selvkjørende minibuss på i Oslo.

Utfyllende informasjon om Ruters pilotaktiviteter i Osloområdet finnes i rapporten *Læringsrapport ifm sluttrapportering for utslippsfri autonom kollektivtrafikk. Klimasats 2017: Vedlegg 1. Ruter og Oslo kommune, 2020.*

3 Lovgrunnlag for utprøving av selvkjørende kjøretøy på norske veger

3.1 Myndighetenes rolle

Myndighetene, først og fremst transportmyndighetene, har to viktige regulatoriske ansvarsområder:

- De skal legge til rette for utvikling, utprøving og innføring av nye løsninger som kan gjøre transportsystemene sikrere, mere effektive, miljøvennlige, tilgjengelig for alle og attraktive for aktører fra næringslivet som ønsker å levere produkter og tjenester
- De skal følge med på utviklingen, utprøvingen og innføringen av nye løsninger og de skal overvåke og håndheve det regelverket de har utviklet for å regulere bruken av transportsystemene

Da SmartFeeder-prosjektet ble etablert forelå det ikke et juridisk rammeverk som tillot utprøving av automatiserte (selvkjørende) kjøretøyer på offentlig veg åpen for allmenn ferdsel. I prosjektets første fase var innsatsen derfor rettet inn mot å bistå myndighetene med innspill til hvordan automatiserte kjøretøy kunne hjemles i norske lover og forskrifter. Eksempelvis ble det samlet verdifull erfaring til det forberedende lovarbeidet gjennom Foruspilotens utprøving av selvkjørende minibuss på lukket bane gjennom hele 2017. Flere prosjektpartnere ga uttalelser til lovens høringsutkast (SINTEF, 2017; Acando, 2017; Statens vegvesen 2017; Kolumbus, 2017; Ruter, 2017). Loven om utprøving av selvkjørende kjøretøy ble godkjent 15. desember 2017 med ikrafttredelse 1. januar 2018. Prosjektet har studert anvendelsen av loven og den tilhørende Forskrift om utprøving av selvkjørende motorvogn (godkjent den 19. desember 2017 med ikrafttredelse 1. januar 2018) med utgangspunkt i de første piloterfaringene.

Formålet med loven er 'å legge til rette for utprøving av selvkjørende kjøretøy innenfor rammer som særlig ivaretar trafikksikkerhets- og personvern hensyn. Utprøvingen skal skje gradvis, særlig ut fra teknologiens modenhet og med formål om å avdekke hvilke effekter selvkjørende kjøretøy kan ha for trafikksikkerhet, effektivitet i trafikkavviklingen, mobilitet og miljø'. Det viktigste virkeområde for loven er at den 'gjelder utprøving av selvkjørende kjøretøy uten ansvarlig fører og selvkjørende kjøretøy med ansvarlig fører som ikke befinner seg på tradisjonell førerplass. Loven gjelder også utprøving av selvkjørende kjøretøy hvor kjøretøyet har en ansvarlig fører på tradisjonell førerplass, men hvor det av andre grunner er nødvendig med unntak fra gjeldende regler som nevnt i lovens § 3'.

Formålet med forskriften er 'å utfylle lov om utprøving av selvkjørende kjøretøy for å sikre at slik utprøving skjer innenfor rammer som ivaretar trafikksikkerhet, framkommelighet, datasikkerhet og personvern. Utprøvingen skal skje gradvis, særlig ut fra teknologiens modenhet og med formål om å avdekke effekter for trafikksikkerhet, effektivitet i trafikkavviklingen, mobilitet og miljø'. Det viktigste virkeområde for forskriften er 'utprøving av selvkjørende kjøretøy, jf. lov om utprøving av selvkjørende kjøretøy § 2, for kjøretøy som anses som motorvogn'.

Loven gjelder selvkjørende kjøretøyer og dette ble strammet inn i forskriften ved at den gjelder for motorvogn. Med kjøretøy forstås innretning som er bestemt til å kjøre på bakken uten skinner. Med motorvogn forstås kjøretøy som blir drevet fram med motor (Lov om vegtrafikk, § 2 Definisjoner). Forskriften gjelder altså utprøving av alle typer motordrevne kjøretøyer både på og utenfor veg.

Forskriftens § 3 Myndighet til å gi tillatelse bestemmer at 'Vegdirektoratet kan gi tillatelse til utprøving av selvkjørende motorvogn'. Forskriftens § 13 Tilsynsmyndighet bestemmer at 'Statens vegvesen fører tilsyn med

utprøvingen'. Forskriftens § 14 Reaksjoner bestemmer at 'Vegdirektoratet kan vedta påbud om tiltak, herunder retting, som er nødvendig for å sikre at utprøvingen gjennomføres etter gjeldende regelverk og tillatelsen'. Samme paragraf bestemmer også at 'Vegdirektoratet kan tilbakekalle eller midlertidig stanse tillatelsen i medhold av lov om utprøving av selvkjørende motorvogn § 7.' I tillegg inneholder forskriften flere mer detaljerte bestemmelser om hvordan Vegdirektoratet blant annet kan sette krav til søknad, innhenting av tilleggsopplysninger og hvordan utprøvingen kan gjennomføres.

Neste skritt på vegen mot innføring av automatiserte kjøretøy på veger åpen for offentlig ferdsel er å ta i bruk internasjonale retningslinjer for automatiseringsnivå 3. Det åpner for at føreren kan slippe rattet under visse forhold og overlate styringen av kjøretøyet til kjøretøyet's automatiske styringssystem. Bilføreren må imidlertid være klar til å ta over styringen på meget kort varsel. Bakgrunnen er arbeid gjennomført av UNECE, et FN-organ som harmoniserer kjøretøyregelverk internasjonalt. UNECE vedtok i sommeren 2020 et regelverk som tillater at bilen selv skal kunne kjøre under visse omstendigheter (Statens vegvesen, 2020).

3.2 Evaluering av forskriften og søknadsprosessen for SmartFeeder-pilotene

Forskriften for utprøving av selvkjørende motorkjøretøy har tre kapitler, der det andre kapitlet har flere krav til søknaden og utførelsen av testingen. De seks hovedkravene er kort beskrevet nedenfor.

- *Krav til søknaden* som beskriver den informasjonen som skal inngå i søknaden
- *Krav til kjøretøy* som definerer kravene som skal oppfylles, mens det vises til forskjellige typer forskrifter. Myndigheten som godkjenner søknaden, kan akseptere at noen krav i det refererte regelverket ikke blir oppfylt. Myndigheten kan også stille ytterligere krav knyttet til sikkerhet og miljø.
- *Krav til kjøretøyregistrering og forsikring* som sier at kjøretøyet skal registreres i tråd med norske lover og regler og ha en forsikring som et vanlig kjøretøy
- *Krav til det automatiske systemet* som er en liste over dokumenter som skal inngå i søknaden, f.eks. systemfunksjonalitet og teknologi, sikkerhet og personvern
- *Krav til stedet for testing* som beskriver vegstrekningen hvor testen foregår og hvordan testkjøretøyet kan håndtere den faktiske veginfrastrukturen, inkludert vegmerking, veikantutstyr, trafikksignaler og skilt etc.
- *Krav til risikoanalyse* som beskriver de identifiserte risikoene og hvordan risikoen som har høyere risiko enn akseptnivået, reduseres eller fjernes av forskjellige typer tiltak
- *Operatørkrav* som beskriver kravene til operatøren(e) av testkjøretøyene, f.eks. føreropplæring, kunnskap om det automatiske systemet og gyldig førerkort.

Prosjektet har gjennomført en evaluering av søknadsprosessen for pilotene på Forus (Stavanger), i Kongsberg og på Fornebu. Studien ble gjennomført som dybdeintervjuer av representanter for pilotene (søkerne) og representanter for søknadsbehandler (Vegdirektoratet). Evalueringen av søknadsprosessen er basert på prosessen fra start av utarbeidelsen av søknaden til søknaden ble godkjent, og inkluderer ikke senere forespørsler fra pilotene om endringer i kjøretøyet's rute, antall passasjerer og hastighet i løpet av testperioden. Resultatene fra evalueringsstudien er i sin helhet rapportert i *Foss (2019) Evaluation of the application process in SmartFeeder, Notat, SINTEF*. I avsnittene nedenfor presenteres et utvalg sentrale erfaringer.

Det er i hovedsak enighet om at forskriften om utprøving inneholder en god beskrivelse av søknadsoppsettet og innholdet som forventes fra søker. Det er en felles oppfatning av at det har vært god og konstruktiv kommunikasjon mellom søkere og søknadsbehandlere i søknadsprosessen.

Det ble etterspurt mer informasjon i forbindelse med søknadsbehandlingen for alle pilotene. Dette var i stor grad relatert til kjøretøyet og automatiseringsteknologien, i form av dokumentasjon som måtte skaffes til veie av kjøretøyprodusenten. Tillatelser er gitt med begrensninger for bl.a. hastighet og antall passasjerer ift. kjøretøyenes tekniske spesifikasjoner. I de første pilotene ble det tillatt til hastigheter opp mot 12 km/t og 6 passasjerer.

Tidsbruk på både utarbeidelse og behandling av søknader varierte betydelig mellom pilotene. Forberedelser og utarbeidelse av søknaden tok fra 4-5 mnd til 2-3 uker. De mest tidkrevende elementene var risikoanalysen, planlegging av teststrekning og innsamling av dokumentasjon om kjøretøyets styringssystem. Tiden brukt på søknadsbehandling og godkjenning varierte fra 3 uker til 4 mnd. Den første fasen har vært en læringsprosess for både søkere (pilotaktører) og søknadsbehandlere, og tidsbruk på søknader og behandling har avtatt etter hvert som aktørene har fått mer erfaring og økt kompetanse på feltet. Forutsatt at all nødvendig informasjon var til stede, ble effektiv arbeidstid for Vegdirektoratet for behandling av en søknad estimert til 1-2 uker.

Søkerne opplevde at lokale vegmyndigheter tilsynelatende har svært forskjellige krav til kjøretøyenes rute og behov for tilrettelegging av infrastruktur og omgivelser². Standardisering av søknadskrav og metodikk for søknadsbehandling vil gjøre prosessen mer forutsigbar for søkeren og sikre likeverdig vurdering av de ulike pilotene.

3.3 Anbefalinger for anvendelse og videreutvikling av lovgrunnlaget

Med utgangspunkt i de første piloterfaringene ble det utarbeidet følgende anbefalinger som kan forenkle søknadsløpet og bidra til videreutvikling av forskriften:

- Forskriften om utprøving av selvkjørende kjøretøyer bør være mere utfyllende mht. andre forskrifter som omhandler krav til kjøretøyet. Dette kan f.eks. være et informativt vedlegg til forskriften eller som en formalisert melding fra vegmyndighetene. Vedlegget eller meldingen kan gjerne ha noen eksempler som øker lesbarheten og forståelsen av forskriften.
- Den som ønsker å søke om utprøving av selvkjørende kjøretøyer (søker) bør be om et veiledningsmøte med Statens vegvesen Vegdirektoratet (søknadsbehandler) før søknadsprosessen starter.
- Søker bør bruke den sjekklisten som søknadsbehandler har utarbeidet for å sikre at all etterspurt informasjon som søker skal levere er med i søknaden og at informasjonen er komplett.
- Det bør være standardiserte maler for kjøretøyinformasjon, rutebeskrivelse og risikoanalyse. Malen for kjøretøyinformasjon bør være fleksibel og den bør oppdateres ofte slik at den ivaretar den kontinuerlige utviklingen av kjøretøyenes utstyr og programvare. Malen for rutebeskrivelsen bør muliggjøre at den endelige ruten innenfor et område bestemmes av kjøretøyleverandør og et lokalt testforum (se neste anbefaling) slik at det blir enklere å minimalisere risikoen og optimalisere brukernes tilgang og komfort i de tilfellene det automatiserte kjøretøyet er å regne som et kollektivt transportmiddel.
- Det bør etableres et lokalt testforum med deltakere fra politi, vegmyndigheter, vegholdere, skilt- og signalmyndigheter og banemyndighet med både mandat og myndighet til å støtte søkeren under søknadsprosessen. Aktivitetene til det lokale testforumet bør være basert på nasjonale retningslinjer som sikrer lik støtte og anbefalinger uavhengig av hvor i landet utprøvingen skal gjennomføres.

² Eksempelvis måtte en av pilotene bekoste 90 midlertidige skilt, i tillegg til øvrig tilrettelegging av kryssløsninger og fartshumper, mens tilsvarende ble løst med et fåtall skilt i andre piloter.

4 Teknologisk modenhet og trafikksikkerhet

Innføring av selvkjørende kjøretøy forventes å gjøre trafikken tryggere. Rent teoretisk vil man få en betydelig nedgang i antall drepte og hardt skadde i trafikken dersom man kan unngå førerfeil som følge av distraksjon, misforståelser, sovning bak rattet, ruskjøring, risikotaking og høy hastighet (Victor et. al 2017; Fagnant og Knockelman 2015). Samtidig kan teknologien forårsake nye typer ulykker på grunn av teknologiske svakheter, feil ved programvaren som tolker trafikkbildet eller knyttet til samhandling med andre trafikanter og kjøretøy (Dixit, Chand & Nair 2016; Moyer 2017).

Forskning på selvkjøringsteknologi for personbiler viser at kjøretøyene foreløpig har noen klare svakheter med hensyn til samhandling med andre trafikanter:

- De mangler evne til å varsle, forhandle om og kommunisere egne intensjoner. Dette gjør at de er dårlige på fletting, eksempelvis ved innkjøring på motorveg.
- De er dårlige på tolking av vikeplikt, og mangler også evne til å vike for utrykningskjøretøy.
- De kjenner ikke sin egen utstrekning i høyde og bredde.

Hensikten med SmartFeeder-arbeidet har *ikke* vært å utvikle eller validere teknologiske løsninger. Gjennom erfaringer fra pilotarbeidet har prosjektet likevel sett på i hvilken grad (manglende) teknologisk funksjonalitet og modenhet kan være en barriere mot videre utrulling av mobilitetstjenester basert på selvkjøringsteknologi. Kravet om tilfredsstillende trafikksikkerhet og driftsstabilitet vil således være viktige premisser for innføring av nye tjenestekonsept i fremtiden.

I avsnittene som følger presenteres en sammenfatning av resultater knyttet til teknologi og trafikksikkerhet. Analysene er basert på norske piloterfaringer med selvkjørende minibusser, samt kunnskap fra litteraturstudier av hendelser og ulykker med høyt automatiserte kjøretøy internasjonalt. I tillegg til intervju med sentrale aktører og operatører av kjøretøyene, har prosjektet fått tilgang til detaljerte driftsdata (9 135 688 GPS-datapunkter) fra kjøretøyene som er benyttet i pilotene på Fornebu, Gjøvik og Kongsberg. Data fra Foruspiloten var ikke tilgjengelig på digital form fordi dette ikke støttes av EZ10 1.generasjon minibuss, og piloten i Oslo ble realisert for sent til at omfattende analyser lot seg gjennomføre innenfor prosjektets rammer.

Arbeidet er i sin helhet presentert i *Jenssen og Moen (2020) Trafikksikkerhet for automatiserte kjøretøy. SmartFeeder: Erfaringer fra norske piloter med selvkjørende minibusser, SINTEF.*



Figur 13: Illustrasjon av samspillet mellom selvkjørende minibuss og andre trafikanter. Kilde: Noah Berger/Shutterstock.

4.1 Teknologisk funksjonalitet

Automatisering av vegtrafikken foregår i dag gjennom to ulike strategiske utviklingsløp:

- Utvikling av **automatiserte personbiler** sikter mot gradvis innføring av stadig mer avanserte førerstøttesystemer, hvor kjøreoppgaven etter hvert går fra å være førerstyrt til datastyrt. Dette innebærer at kjøretøyene kan operere i høy hastighet og uten spesiell tilpasning av infrastrukturen. Utfordringer knyttet til denne fremgangsmåten er at føreren etter hvert får en passiv rolle i kontrollprosessen, med redusert årvåkenhet i situasjoner hvor det er førerens ansvar å gripe inn.
- Utvikling av **automatiserte minibusser/busser** tar utgangspunkt i systemer som er bygd fra grunnen for selvkjøring, hvor kjøreoppgaven skal være fullstendig datastyrt og kjøretøyet er uten ratt og pedaler. Dette innebærer at kjøretøyene har lav hastighet og må operere i forholdsvis enkle omgivelser inntil systemet er godt nok til å håndtere mer avanserte veg- og trafikkmiljø (Nivå 4-5 i henhold til SAE J3016).

De selvkjørende minibussene fra EasyMile og Navya som er benyttet i de norske pilotene følger utviklingsløpet for automatiserte minibusser, og oppgis fra produsenten å være forberedt for å operere på SAE nivå 4. Dette innebærer at kjøretøyet kan brukes innenfor bestemte vegmiljø, f.eks. veger med lav hastighet, oversiktlige kryss eller som på annen måte er egnet for automatisert kjøring.

Kjøretøyene baserer kjøreprosessen på input fra følgende sensorkomponenter:

- **Lidar (laserbasert optisk fjernmålingsteknikk):** Plassert omkring på kjøretøyet for deteksjon av fotgjengere, kjøretøy eller andre forstyrrelser i vegbanen.
- **Satellittnavigasjon:** Inkluderer GNSS/GPS og 3D-kart for nøyaktig posisjonering.
- **Odometer:** Hjulsensorer på hvert hjul som angir nøyaktig utkjørt distanse, og hjelper satellittnavigasjonssystemet når det er dårlig dekning, for eksempel i nærheten av høye bygg.

I tillegg er kjøretøyene utstyrt med *kamera for maskinsyn*, men dette har foreløpig ikke vært aktivert i de norske pilotene. Kjøretøyene er i løpet av prosjektperioden flere ganger blitt oppgradert med forbedret software og funksjonalitet.

Utpøvingen av selvkjørende minibuss i Norge er så langt basert på såkalt *fixed-track-autonomy*. Det innebærer at ruten kjøres opp på forhånd, slik at kjøretøyet lærer seg en fast linje det skal følge. Bussene er altså *ikke* avhengig av vegmerking for å navigere på en trygg måte, slik personbiler med autopilot eller tilsvarende førerstøttesystemer er. Erfaringer fra pilotene har vist at:

- Kjøretøyene følger en forutbestemt linje, med toleranse på 30 cm til hver side. Hvis kjøretøyet kommer utenfor denne linjen, stopper det momentant.
- Hvis det står hindringer i linjen (f.eks. feilparkert bil) må operatøren ta styringen og svinge ut og forbi hindringen i manuell modus. Dette gjelder også i kryss, hvor føreren må ta over kontrollen og lede kjøretøyet over på en trygg måte.
- For de fleste pilotene er det søkt dispensasjon fra vikepliktsregler i kryss, slik at den selvkjørende bussen har forkjørsrett. Vegdirektoratet har innvilget slik dispensasjon for de norske pilotene.

4.2 Krav til fysisk og digital infrastruktur basert på driftserfaringer

Piloteringen har gitt verdifull driftserfaring og kunnskap om kjøretøyenes muligheter og begrensninger. Først og fremst har man lykket med realisering av fem forholdvis komplekse piloter med kjøring på vanlig veg og i blandet trafikk. Samtidig har utprøvingen avdekket at det fortsatt er vesentlige begrensninger i kjøretøyenes funksjonalitet og teknologiske modenhet. Nedenfor er det presentert en oversikt over viktige piloterfaringer med hensyn til hvilke krav som stilles til fysisk og digital infrastruktur for de selvkjørende minibussene.

Tilgang til Internett og 4G

De selvkjørende minibussene som ble benyttet i pilotene er avhengig av god internettilkobling for å kunne operere i selvkjøringsmodus. Kjøretøyene må kobles opp mot en sentral dataservert både ved oppstart og for å kunne fortsette å kjøre. Kommunikasjon foregikk via 4G på mobilnettet. Dersom kommunikasjonen ble avbrutt, stanset bussen etter en stund. Dette er ifølge leverandørene (EasyMile og Navya) en sikkerhetsanordning. Det var innledningsvis en del avbrudd på grunn av bortfall i kommunikasjon med server, men dette ble radikalt forbedret i løpet av perioden 2018-2020. Utbygging av 5G kan forbedre både regularitet og responstid.

Veger og gater

Plassering av lyktestolper og skilt nær vegen gjør at bussens sensorer kan detektere dem som hindringer. Videre kan syklist og trafikant som passerer for nært bussen medføre umiddelbar stans. Dersom det er trange gateløp med kantparkering på sidene, kan også møtende biler registreres som en hindring og gi påfølgende nedbremsing, uten at det reelt sett er fare for frontkollisjon. Sensorenes følsomhet styres av programvare med utgangspunkt i en predefinert sikkerhetssone med avstand til andre objekter. Feilparkerte biler i bussens forhåndsprogrammerte linje, vil resultere i full stopp, og behov for en operatør som styrer bussen manuelt forbi hindringen. Det foregår utprøving av selvkjørende kjøretøy som kan passere hindringer i automatisert modus, f.eks. Waymo sine robotaxier i Phoenix, Arizona. Inntil teknologien er tilstrekkelig moden, kan problemet løses ved at kjøretøyet fjernstyres av en operatør på en kontrollsentral. En løsning for å sikre komfortabel og effektiv drift kan være å etablere en egen vegmerking for linjeføringen for selvkjørende kjøretøy, der parkering på og ved linjen forbys.

Vegetasjon og snøbrøyting

Alle pilotene har erfart at beplantning, vegetasjon og trær som står langs vegkanten er utfordrende for kjøretøyets sensorer. På samme måte kan høye brøytekanter og snøklumper i vegen føre til stans. Særlig utfordringer var knyttet til brøyting av fortau, gjennom kryss og rundt trær/skiltstolper, slik at brøytekanter ble lagt i vegen. Stabil drift av kjøretøyene er avhengig av godt planlagt og jevnlig gjennomført vedlikehold av vegkantområdet langs kjøreruten, både sommer og vinter.

Vær og føreforhold

Det var på forhånd knyttet stor spenning til hvordan vinterføre og ekstremvær ville påvirke kjøretøyenes driftsstabilitet og sikkerhet, og flere av pilotene har hatt som målsetting å teste kjøretøyene under svært krevende værforhold. Pilotene har erfart at snø, hagl, kraftig regn og tåke har gitt utfordringer for kjøretøyets lidar, sterk vind har også medført forstyrrelser på navigasjonssystemet med redusert hastighet og ujevn kjøring, vann i vegbanen har skylt opp på sensorer og medført stans, og på glatt isdekke har bussen sklidd ut av "sporet" og mister sin posisjon. Etter de første piloterfaringene på Forus har kjøretøyene blitt utbedret med bedre beskyttelse av sensorer/lidarer. Dette har gitt bedre driftsstabilitet, og for eksempel har piloten på Kongsberg

hatt overraskende bra regularitet på vinterføre. På sikt er det nødvendig å forbedre kjøretøyenes sensorikk for å operere stabilt i nordisk klima, for eksempel med supplerende bruk av kamera og radar.

Samspill med andre trafikantgrupper

Kjøretøyene oppleves fortsatt å være relativt umoden i samspillet med øvrig trafikk, og det har underveis vært nødvendig med justering av både sensorer og kjøretøyets fremferd. Intervju med operatørene om bord i kjøretøyene har avdekket spesielt to områder med behov for bedre tilpasning:

- Nedbremsing for kryssende fotgjengere skjer for brått, noe som er ubehagelig for passasjerer og som kan skape usikkerhet hos den som krysser veien. På Forus ble det underveis i testperioden foretatt en nedjustering av hastigheten inn imot fotgjengeroverganger. Flere operatører har også tatt i bruk en manuell "soft stop"-funksjon som gir en mykere nedbremsing og tydeligere viser andre trafikanter at kjøretøyet har intensjon om å stoppe.
- Både på Forus og Fornebu rapporteres det om en god del forbikjøringer fra andre bilister som blir utålmodig på grunn av at de selvkjørende minibussene holder lav hastighet eller stopper for hindringer i vegbanen.

Bratte bakker

Både på Gjøvik og Kongsberg har teststrekningen involvert bakker med forholdsvis stor stigning. Dette har avdekket svakheter både ved kjøretøyenes mekaniske robusthet og i programvaren. På Gjøvik havarerte drivverket (differensialen) tre ganger i løpet av testperioden. Kjøretøyprodusenten har i ettertid utført utbedringer av både kjøretøy og software, slik at de selvkjørende minibussene nå bedre kan håndtere krevende topografi.

Vegslitasje og holdeplasser

Pilotene har erfart utfordringer med vegslitasje etter kort tids kjøring. Forhåndsprogrammering av kjøreruten gjør at kjøretøyet holder nøyaktig samme posisjon og dermed gir høy belastning på vegkonstruksjonen. Dette ga seg utslag i form av spor i vegbanen og større groper på holdeplassene, ved bussens hjul under av og påstigning. Dette kan motvirkes ved å legge inn små variasjoner i bussens programmerte kjørerute, eller alternativt med målrettet forsterkning av vegdekket langs bussens linjeføring.

Tilgang til ladeinfrastruktur

De selvkjørende minibussene er elektrisk og trenger tilgang til strøm og ladeinfrastruktur. Kjøretøyenes batterikapasitet vil også ha betydning for ruteplanlegging og driftsopplegg. Dette hensynet ble ivarettatt i planleggingen av pilotene og har ikke vært en vesentlig barriere for gjennomføringen.

Mekanisk vedlikehold

Pilotene har erfart tekniske og mekaniske utfordringer som har krevd utbedring eller vedlikehold fra produsentens eget vedlikeholdsteam. Dette har medført driftsstans med unødvendig lang og lite forutsigbar nedetid på kjøretøyene. For å sikre kontinuitet i driften, er det viktig med et lokalt operatør- eller vedlikeholdsteam som får nødvendig tilgang og kan forestå mekanisk vedlikehold av kjøretøyene.

Pilotene har over tid rapportert om en positiv utvikling i driftsstabilitet, noe som både skyldes justering og forbedringer i kjøretøyenes sensorer og programvare, samt at man etter hvert har fått mer erfaring med hva

som kreves av vegvedlikehold. Piloteringen har hatt et overordnet læringsformål. Dette innebærer at en viktig del av utprøvingen har vært å utfordre teknologien og kjøretøyene (pushe grensene for hva som er mulig), for på den måten å avdekke de begrensningene som finnes per i dag, samt utforske hva som må til for å sikre stabil og pålitelig drift.

4.3 Trafikksikkerhet

Til tross for betydelig utprøving i forholdsvis kompleks bytrafikk har det ikke vært dødsulykker, ulykker med personskaade, eller alvorlige hendelser med de selvkjørende minibussene i Norge. Det har det heller ikke vært internasjonalt med denne type kjøretøy. Dette vitner blant annet om at utprøvingen har vært godt regulert og gjennomført innenfor fornuftige rammer:

- Kjøretøyene har operert med begrenset hastighet (inntil 16 km/t)
- Trafikkreguleringer har gitt den selvkjørende minibussen forkjørsrett i kompliserte kryss
- Det har vært en operatør om bord for å ivareta sikkerhet og overta manuell styring ved behov

Som del av søknadsprosessen i forkant av piloteringen, ble det gjennomført obligatorisk risikovurdering av utprøvingen. De viktigste risikofaktorene som ble identifisert var knyttet til personskaade på passasjer i bussen som følge av bråstopp. Risikoreduserende tiltak inkluderte å senke kjørehastighet, redusere antall passasjerer, bruk av sikkerhetsbelter, flere skilt og justering i vegmiljøet ved å fjerne hindringer og vegetasjon. Det er i løpet av prosjektperioden registrert to hendelser med materielle skader: På Fornebu rygget en varebil på den selvkjørende bussen som sto stille, noe som resulterte i mindre materielle skader. I Oslo ble det registrert en påkjørsel av taxi mens kjøretøyet var i manuell modus. Flere av operatørene melder imidlertid om utfordringer i samspillet med andre trafikanter, og da særlig uheldige forbikjøringer fra utålmodige bilister.

Det finnes noe erfaring med selvkjørende kjøretøy på SAE nivå 4 knyttet til Google/Waymo sin utprøving av robotaxier i California. Datamaterialet gir grunn til å anta at innføring av selvkjørende kjøretøy på dette automatiseringsnivået vil forbedre trafikksikkerheten. Etter 2 millioner kjøretøykilometer var ulykkesnivået for Waymo-bilene omtrent 1/3 sammenlignet med konvensjonelle kjøretøy i samme område (Teoh & Kidd, 2017). I perioden 2012-2017 ble det registrert totalt 21 ulykker, i all hovedsak påkjøring bakfra ved gult lys i trafikksignalanlegg (uten skyld for det selvkjørende kjøretøyet). Det automatiserte kjøretøyet kjører svært konservativt og lovlydig (følger de digitale trafikkreglene nøyaktig), og vil derfor kunne oppfører seg uventet i forhold til lokal trafikkultur (f.eks. stopper på gult lys). Disse erfaringene bidro til at Google justerte algoritmene til kjøretøyet, slik at det nå oppfører seg mer i tråd med øvrig trafikk i lyskryss. Tilsvarende data fra 2019 viser at påkjørsel bakfra i lyskryss ikke lengre er et problem, men at det fortsatt oppstår tilsvarende utfordringer (forventningsbrudd) i andre trafikksituasjoner som innkjøring på motorveg og venstresving i uregulerte kryss.

Selv om de selvkjørende bussene fra EasyMile og Navya er i serieproduksjon, så er de fortsatt i en tidlig fase av innovasjonsløpet. Utvikling innen sensorer, algoritmer, kunstig intelligens (AI) og lærende systemer (deep learning) vil være viktig for å heve trafikksikkerheten opp på et nivå som tillater høyere hastigheter og bruk i alle typer trafikkmiljø. Erfaringer fra piloter gir verdifull input til forbedringer og grunnlag for smidigere kjøreatferd i samspill med andre trafikanter. Det sikkerhetsnivået vi har observert hittil kan også endre seg etter hvert som de ulike trafikantgruppen venner seg til å samhandle med selvkjørende kjøretøy. I dag stilles det i ikke krav til passiv kollisjonssikkerhet for kjøretøyene, og dette må i større grad kunne dokumenteres dersom kjøretøyene skal operere i høyere hastigheter.

Prosjektet har utarbeidet følgende råd og anbefalinger for å ivareta trafikksikkerhetsperspektivet i den videre utviklingen av et transportsystem med automatiserte mobilitetstjenester:

Industri og tjenestetilbydere bør dokumentere at utvikling og innføring av selvkjørende kjøretøy skjer i tråd med prinsipper for ansvarlig innovasjon, samt utarbeide detaljerte og utvetydige spesifikasjoner av kjøretøyets automatiseringsnivå med spesiell vekt på kjøretøyets operasjonelle virkeområde (iht. ISO SAE 22736 ITS Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles).

Interesseorganisasjoner (f.eks. Bilbransjeforbundet, NAF, Trygg Trafikk, Opplysningsrådet for Vegtrafikk, Teknologirådet) bør sikre at kunder, medlemmer og målgrupper får full innsikt i hvordan selvkjørende kjøretøy (SAE nivå 4-5) fungerer og hvordan vi som førere og myke trafikanter bør samhandle med dem slik at samspillet foregår på en trygg, effektiv og sikker måte.

Myndigheter:

- Ta initiativ til og støtte pilotering med selvkjørende kjøretøy for person- og godstransport i Norge
- Kreve gjennom konkurransegrunnlag for anskaffelser at leverandører og tjenesteytere utarbeider detaljerte og utvetydige spesifikasjoner av kjøretøyets automatiseringsnivå med spesiell vekt på kjøretøyets operasjonelle virkeområde.
- Regulere ansvarsforholdene for fører, operatør og passasjer for bruk av selvkjørende kjøretøyer gjennom lover og forskrifter
- Støtte initiativ som setter forbrukerinformasjon, testing og sertifisering av systemer for automatiserte kjøretøy og vegtrafikk på dagsorden.
- Øke muligheten til å lære av hendelser og ulykker med selvkjørende kjøretøy, f.eks. gjennom etablering av nasjonalt register for alle hendelser med selvkjørende kjøretøy, etablere rutinemessig observasjon/studier av samspill mellom selvkjørende kjøretøy og andre trafikanter, samt støtte forskning som følger og dokumenterer utviklingen.
- Fortsatt arbeide for internasjonal harmonisering og samordning av initiativ som sikrer forsvarlig innovasjon og innføring av selvkjørende kjøretøy.

5 Brukerperspektivet

Realisering av nye kollektive mobilitetstjenester er avhengig av at tjenestene blir tatt i bruk og oppnår en viss utbredelse. *Brukeraksept* er en viktig faktor med hensyn til å kunne predikere fremtidig opptak i markedet og dermed mulige virkninger på sikt. Trafikantenes holdninger og aksept påvirkes av erfaring og faktorer som opplevd nytte, tillit og brukervennlighet. Dette er subjektive forhold som endres over tid og gjennom opplevelser med tjenestene. Forskningsfeltet opererer med litt ulike fortolkninger av akseptbegrepet, og omfatter også varierte metoder og indikatorer for måling av teknologiaksept. Det skilles blant annet mellom en holdningsrelatert aksept som kan måles før innføring av et tiltak (acceptability) og en opplevelsesbasert aksept (acceptance) som kan måles etter at tiltaket er implementert og testet i praksis (Schade and Schlag, 2003). Dette gjør at det for eksempel kan være forskjell på den sosiale aksepten for et tiltak i befolkningen (public acceptability) og brukeraksept fra de som har faktisk erfaring med tiltaket (user acceptance).

5.1 Brukerundersøkelser og studier av aksept for selvkjørende minibusser

Teknologistudier tar gjerne utgangspunkt i varianter av *The Unified theory of acceptance and use of technology* som gir en rekke forklaringsfaktorer som påvirker aksept og bruk av nye tjenester (Venkatesh, Morris, Davis & F. D. Davis, 2003; Venkatesh, Thong & Xu, 2012; 2016). En videreutvikling av dette teorigrunnlaget er presentert i Nordhoff, Happee & van Arem (2019) som forklarer brukeraksept for automatiserte kjøretøy med utgangspunkt i 28 nøkkelfaktorer fordelt på syv kategorier:

- Eksponering (erfaring med selvkjøring)
- Egenskaper ved tjenestetilbudet (forventning om reisetid, sikkerhet, brukervennlighet m.m.)
- Sosial påvirkning og motivasjon
- Opplevd nytte og risiko
- Sosio-demografiske faktorer (alder, kjønn, utdanning m.m.)
- Reisevaner (reiseformål, tilgjengelighet, holdning til ulike transportmidler m.m.)
- Individuelle personlighetstrekk (tillit, teknologioptimisme eller motstand, trygghet, kontroll m.m.)

Kartlegging av brukeraksept gir viktig kunnskap om hvordan tjenestetilbudet kan utformes for å ivareta brukernes behov, og dermed også grunnlaget for en ønsket endring i reisemiddelvalg og trafikantatferd. Det må imidlertid tas høyde for at automatiserte transporttjenester foreløpig er på pilotstadiet. Kjøretøyenes funksjonalitet er under utvikling, og det kan være vanskelig for trafikantene å forutsi hvilken rolle selvkjørende minibusser kan spille i et fremtidig transporttilbud.

Prosjektet har fått tilgang til en rekke brukerundersøkelser gjennomført i tilknytning til pilotaktivitetene, og har også gjennomført supplerende studier av brukernes krav, forventninger og aksept for selvkjørende kjøretøy. Tabell 2 gir oversikt over datamaterialet som er lagt til grunn for vurderinger av brukerperspektivet.

Tabell 2: Tilgjengelige brukerundersøkelser i prosjektperioden

Studie	Sted	Beskrivelse	Tidspunkt	Utvalg	Erfaring
Acando/ Livework	Fornebu, Sarpsborg, Bergen, Ringerike, Vestfold, Trondheim	Brukerundersøkelser ifm. demoaktiviteter (totalt 7 stk)	Høsten 2016- våren 2017	Totalt 1450 respondenter	Ukjent
SINTEF, SmartFeeder	Pilotprosjekt Forus	Brukerundersøkelse blant ansatte i Forus Næringspark på web	Sommeren 2018	Totalt 135 respondenter	15 % har benyttet selvkjørende buss
Skuterud Kløvstad AS/Ruter	Pilotprosjekt Fornebu	Telefonintervju med bosatte på Fornebu	Før- undersøkelse mai 2018, etter- undersøkelse sept. 2018	316 i før- undersøkelsen, 324 etter avsluttet pilot	37 % i etterundersøkelsen har benyttet selvkjørende buss
SINTEF, SmartFeeder	Nasjonalt	Holdningsundersøkelse (web-intervju)	Høsten 2018	1419 NAF- medlemmer	1,4 % har benyttet selvkjørende buss
KANTAR BRAKAR	Pilotprosjekt Kongsberg	Telefonintervju blant bosatte i Kongsberg	Januar 2019 + Juli 2019	Januar: 300 Juli: 300	13 % har benyttet selvkjørende buss
Applied Autonomy	Pilotprosjekt Kongsberg/ Sohjoa Baltic	Brukerundersøkelse om bord i bussen	Juli 2019	55 respondenter	100 % har benyttet selvkjørende buss

Undersøkelsene har stor variasjon i omfang, faglig forankring og deltakelse. Det varierer videre i hvor stor grad respondentene har egen erfaring med de selvkjørende minibussene. I sammenfatningen av piloterfaringer og resultater er det lagt mest vekt på studier med forskningsmessig kvalitet og mindre vekt på rene markedsundersøkelser. Ruters kundeundersøkelser i forbindelse med Oslo-piloten var ikke ferdigstilt i før prosjektet ble avsluttet, selv om foreløpige resultater er blitt formidlet til prosjektgruppen underveis.

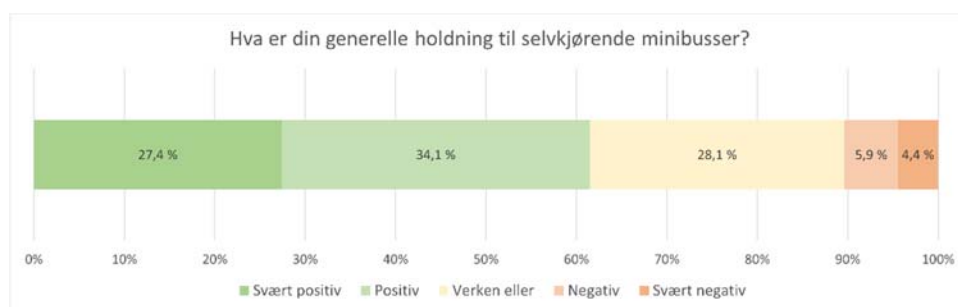
5.2 Piloterfaringer og resultater

I avsnittene som følger presenteres en sammenfatning av resultater og erfaringer fra den første utprøvingen av selvkjørende minibusser i Norge. I tillegg til brukerundersøkelser tilknyttet prosjektets samarbeidspiloter ble det høsten 2018 som del av prosjektet gjennomført en større undersøkelse av generell aksept for selvkjørende minibusser i befolkningen med 1419 medlemmer i NAF som deltakere. Denne er i sin helhet presentert i *Roche-Cerasi (2019) Public acceptance of driverless shuttles in Norway, Transportation Research Part F*.

Holdning, erfaring og interesse for selvkjørende minibusser

Brukerundersøkelsene gir et klart bilde av at det er en generell positiv holdning til selvkjørende minibusser i befolkningen, og den er gjennomgående mer positiv blant de som har prøvd bussene enn for de som ikke har egen erfaring med tjenesten. Pilotene opplever også stor interesse for aktivitetene, og til sammen har mer enn 40.000 passasjerer reist med de selvkjørende minibussene i løpet av prosjektperioden. Spørreundersøkelser i pilotenes nedslagsfelt viser at man har lyktes å nå ut med informasjon og markedsføring av tjenesten, da nesten hele målgruppen er kjent med at det testes ut selvkjørende buss i nærområdet. Alle pilotene har også fått omfattende oppslag og omtale i media, både lokalt og nasjonalt. I den nasjonale holdningsundersøkelsen som ble gjennomført med høsten 2018 svarte hele 92 % av deltakerne at de var kjent med piloteringen av selvkjørende minibusser, selv om kun en liten andel (1,4 %) hadde prøvd dem selv.

Figur 14 viser holdningen til selvkjørende minibuss blant arbeidstakere i Forus Næringspark sommeren 2018, i forbindelse med den første utprøvingen av selvkjørende minibuss på offentlig veg i Norge. Deltakerne i undersøkelsen var overveiende positive, med 61,5 % som oppga at deres holdning er svært positiv eller positiv, mens kun en liten andel (10,3 %) oppga at de var negative eller svært negative. Blant deltakerne i undersøkelsen var det kun 15 % som hadde prøvd bussen selv.



Figur 14: Holdning til selvkjørende minibuss blant arbeidstakere på Forus (n=135)

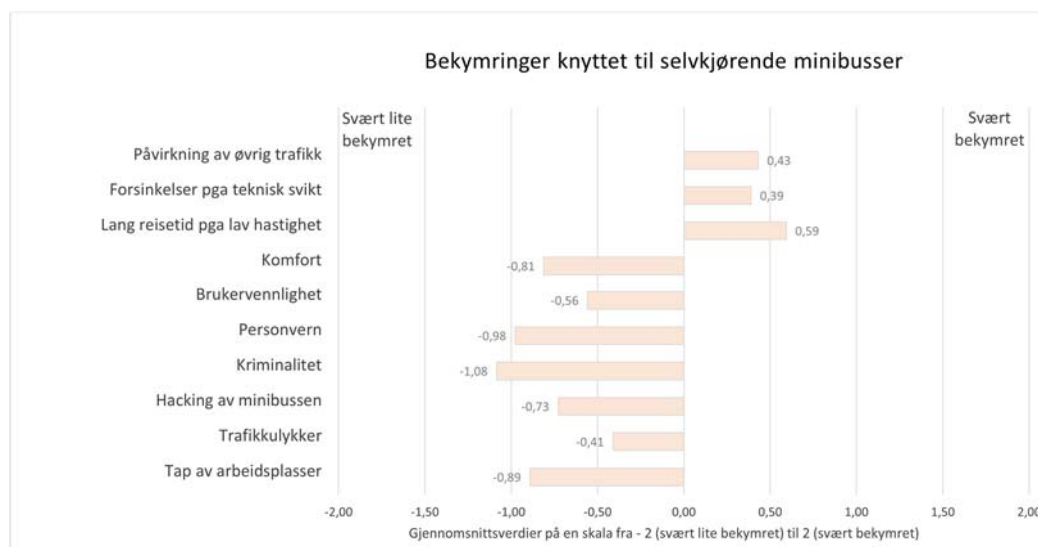
På Kongsberg rapporterte 85 % av de som selv har vært passasjer om bord på en selvkjørende minibuss at turen var en positiv opplevelse. Dette er også i tråd med resultatene fra Ruters utprøving i Oslo og fra øvrige demonstratoraktiviteter rundt omkring i landet.

Innledende litteraturstudier av internasjonale erfaringer med selvkjøring indikerte at yngre aldersgrupper og personer med høy utdanning ville være mer positivt innstilt til selvkjørende minibusser enn andre deler av befolkningen. Piloterfaringene gir imidlertid grunn til å tro at tjenester med selvkjørende minibusser vil oppnå aksept i hele befolkningen. Det ser vi blant annet eksempel på fra Kongsberg, hvor det selvkjørende busstilbudet er særlig populært blant eldre og pensjonister som reiser på dagtid.

Tillit, trygghet og bekymringer

Et viktig suksesskriterium for innføring av selvkjørende kjøretøy i transportsystemet, er at tjenestene oppleves som trygge av brukerne, både med hensyn til trafiksikkerhet, datasikkerhet og annen kriminalitet. Brukerundersøkelsene viser at de fleste opplever minibussene som trygge og at trygghetsfølelsen øker betydelig når trafikantene får egen erfaring med de selvkjørende minibussene. Eksempelvis rapporterer Skepsisen er størst blant øvrige trafikanter. De største begrensningene med hensyn til brukeropplevelser synes å være at kjøretøyene oppleves å være noe umoden med hensyn til teknisk funksjonalitet, med brå nedbremsing og stans når kjøretøyet blir forstyrret av øvrige trafikanter.

I brukerundersøkelsen på Forus ble deltakerne stilt spørsmål om sine bekymringer knyttet til selvkjørende minibusser, med hensyn til en rekke faktorer som sikkerhet, komfort, reisetid og tap av arbeidsplasser. Hovedresultatene er presentert i Figur 15 som angir gjennomsnittsverdier for ulike faktorer på en skala fra -2 (svært lite bekymret) til 2 (svært bekymret). Resultatene viser at respondentene i liten grad har bekymringer knyttet til bruk av de selvkjørende minibussene. Skepsisen er størst for faktorer knyttet til *reisetid, forsinkelser* og *påvirkning av øvrig trafikk*, mens det er liten bekymring for faktorer knyttet til komfort og sikkerhet.



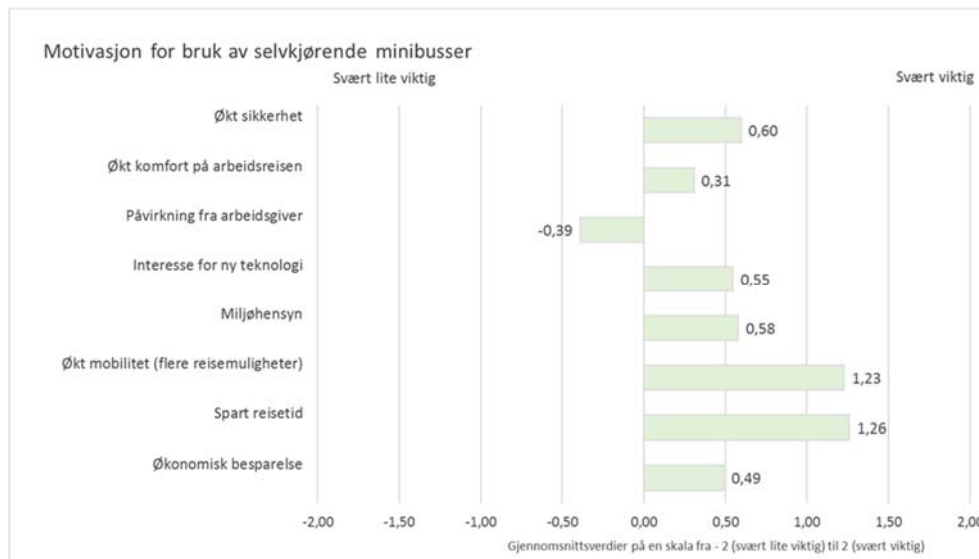
Figur 15: Bekymringer knyttet til selvkjørende minibusser på Forus (n=135).

Bussverten (operatøren) synes å spille en viktig rolle for publikums opplevelse av trygghet. Litt over halvparten mener at det er ganske eller veldig viktig med en bussvert om bord i kjøretøyet (Nasjonal studie, Fornebu og Kongsberg). Undersøkelser gjennomført av Ruter indikerer imidlertid at vertens betydning for sikkerhetsopplevelsen har avtatt noe i senere pilotaktiviteter (Ruter, 2020). På Fornebu og Kongsberg uttalte hhv. 51 % og 54 % av målgruppen at det var svært sannsynlig at de ville reist med selvkjørende buss uten vert om bord, mens tilsvarende andel var 79 % i Oslo.

Nytte og behov

I sitt første møte med selvkjørende minibusser vil de fleste trafikantene se på dette som et kjøretøy som skal erstatte konvensjonelle busser med sjåfør. Det kan være vanskelig for den enkelte bruker å se for seg hvordan dette skal inngå i helt nye tjenestetilbud, både som et supplement til dagens tjenester og integrert i et helhetlig kollektivtilbud. Den umiddelbare nytteverdien er dermed ikke åpenbar, og hvis man skal lykkes med innføring av slike tjenester er det viktig at trafikantfordeler og muligheter som ligger litt frem i tid blir tydelig kommunisert. I den nasjonale holdningsundersøkelsen fra 2018 var det eksempelvis kun halvparten som uttrykte at de ser på selvkjørende busser som et nyttig tilbud. Piloterfaringene viser at passasjerene er mer positive til selvkjørende minibusser når de beskrives som en tilleggstjeneste enn som en egen transportform. Bruksområder som trekkes frem som nyttige inkluderer tilbringertjenester mellom hjem, jobb eller parkeringsplasser til et kollektivtilbud, eller mellom virksomheter på et lukket område (f.eks. næringspark eller universitetsområde). Tjenesten vurderes også å kunne bidra til økt mobilitet for eldre og personer med nedsatt funksjonsevne.

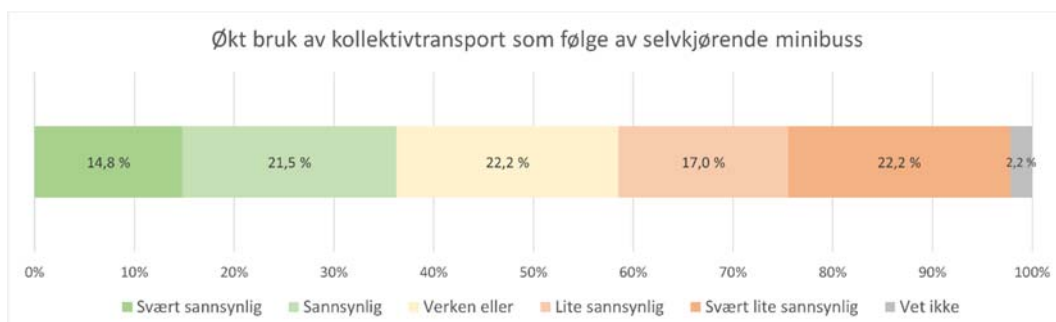
Resultatene fra brukerundersøkelsen på Forus viste at *spart reisetid* og *økt mobilitet i form av flere reisemuligheter* er viktigste årsaker til å benytte seg av selvkjørende minibuss som transportmiddel, se Figur 16. Øvrige faktorer som økt sikkerhet, komfort, interesse for teknologi, miljøhensyn og økonomisk betydning synes å ha beskjeden, men positiv betydning som motivasjonsfaktorer. Påvirkning fra arbeidsgiver er den eneste faktoren med negativ gjennomsnittsverdi (lite viktig for reisemiddelvalg).



Figur 16: Motivasjon for å benytte selvkjørende minibuss som transportmiddel. Resultater fra Forus Næringspark (n=135).

Endring av reisevaner

Dersom automatiserte transportløsninger skal bidra til en bærekraftig omstilling av transportsystemet, må det inngå som en del av et effektivt og attraktivt kollektivtilbud som kan erstatte privatbilreiser. Hvis tjenestene i hovedsak benyttes av de som ellers ville gått eller syklet, oppnår man kanskje økt mobilitet i enkelte befolkningsgrupper, men uten at man realiserer miljøgevinster. Flere brukerundersøkelser knyttet til pilot- og demonstratoraktiviteter viser at bilbrukere vil være positive til å benytte selvkjørende minibusser til/fra kollektivknutepunkt dersom dette knyttes opp mot et godt kollektivtilbud. Eksempelvis oppga omtrent 36 % av arbeidstakerne på Forus at de sannsynligvis ville reist oftere med kollektivtransport dersom det ble satt opp en selvkjørende minibuss mellom deres holdeplass og arbeidsplassen på Forus, se Figur 17.



Figur 17: Brukernes forventning om effekt på eget reisemiddelvalg dersom det settes opp selvkjørende minibuss mellom deres kollektivholdeplass og arbeidsplass i Forus Næringspark (n=135).

I den nasjonale holdningsundersøkelsen svarte tilsvarende 27,5 % av NAF-medlemmer at de trodde de ville benytte kollektivtransport oftere dersom selvkjørende minibusser ble brukt som tilbringertjeneste mellom kollektivknutepunkt og parkeringsplasser, arbeidsplasser eller boligområder. På Kongsberg svarte passasjerene om bord i bussen at de ville benyttet den daglig (41 %) eller ukentlig (35 %) om tjenesten ble tilgjengelig på deres pendlerrute. Tilsvarende var det kun 11 % som avviste at de ville benytte tilbudet om selvkjørende minibuss.

Foreløpig er ikke slike effekter på reisemiddelvalg dokumentert i faktiske utprøvinger. Forskningsstudier viser at det er vanskelig å endre reisevaner for bilister uten at tiltakene kombineres med restriksjoner på bilbruk og/eller parkering. Piloteringen av selvkjørende minibusser har så langt vært for beskjeden i omfang og funksjonalitet til at det representerer en vesentlig endring i reisemiddelfordelingen. Vi vet i dag for lite om hva slags innretning, kvalitet og omfang som kreves for at tjenesten skal gi en reell påvirkning av konkurranseflaten mellom privatbil og kollektivtransport.

5.3 Begrensninger og suksesskriterier for videre utrulling

Brukernes holdning og tillit til selvkjøringsteknologi synes ikke å være en kritisk begrensning (barriere) mot videre utrulling i hensiktsmessige markedssegment. Utprøvingen av selvkjørende minibusser har fått en positiv mottakelse og møter stor interesse fra publikum. Brukerundersøkelser antyder en positiv utvikling i brukeraksept og tillit. Passasjerene er generelt fornøyde og føler seg trygge, og aksepten for selvkjørende minibusser øker når trafikantene får egen erfaring med tjenesten. Piloterfaringene gir derfor all grunn til å tro at automatiserte tjenester som er nyttige og forenkler folks reisehverdag vil bli tatt i bruk.

De selvkjørende minibussene som hittil er testet på norske veger, oppleves å ha begrenset nytte med hensyn til hastighet, kapasitet og teknisk funksjonalitet. De går for sakte til å være konkurransedyktig med andre kjøretøy over lengre avstander, de har for liten passasjerkapasitet til å ta unna stor etterspørsel (f.eks. rushtrafikk eller til/fra større arrangementer) og de har liten fleksibilitet i møte med forstyrrelser som parkerte biler eller nærgående fotgjengere og syklistene. For å møte trafikantenes behov på kort sikt, er det nødvendig å identifisere markedssegment og omgivelser som er tilpasset kjøretøyenes funksjonalitet, f.eks. kundegrupper med særlig behov for tilbringertjenester og/eller ukompliserte omgivelser som kan gi mulighet for høyere hastighet innenfor kravet til sikkerhet og komfort. Dette drøftes videre i kapittel 7.

Alle pilotene rapporterer om at pilotprosjektene i seg selv har hatt en svært viktig læringseffekt med hensyn til å forberede befolkningen på ny teknologi og fremtidens mobilitetstjenester. Dette har stor betydning både med hensyn til å øke forståelsen hos fremtidige kollektivkunder og i samspillet med andre trafikantgrupper. Piloterfaringene gir også grunn til å understreke betydningen av god kommunikasjon for å oppnå realistiske forventninger i møte med publikum. Videre fremover blir det viktig å skreddersy løsninger som dekker et reelt transportbehov og med en tjenestekvalitet som ivaretar trafikantenes krav med hensyn til reisetid og driftsstabilitet.

6 Innovasjon og verdiskaping for norsk næringsliv

Innovasjon og kompetanseutvikling i tilknytning til automatiserte transportløsninger gir muligheter for verdiskaping og næringsutvikling. Eksempler på relevante innovasjoner inkluderer nye produkter og tjenester i tilknytning til smarte tilbringertjenester (f.eks. selvkjørende og elektriske kjøretøy tilpasset norske forhold), nye eller tilpassede forretningsmodeller for transporttjenester med offentlige og private partnere, samt nye eller tilpassede reisestøttesystemer (f.eks. reiseplanleggere og bookingsystemer som dekker både rutebaserte, etterspørselsbaserte og sømløse mobilitetstjenester). Motivasjonen for satsing og interesse rundt automatiserte mobilitetstjenester vil være forskjellig for ulike involverte aktører. Målbildet kan oppleves komplekst og dels i konflikt avhengig av utgangspunkt og ståsted. I et samfunnsperspektiv legges det for eksempel stor vekt på miljøgevinster, offentlig sektor skal redusere kostnader, brukerne ønsker sømløs mobilitet, og næringslivet vil utvikle lønnsomme produkter og tjenester. Felles for alle disse er at løsningene som utvikles må bygge på økonomisk bærekraft og sunne forretningsmodeller for å være levedyktig over tid.

SmartFeeder-prosjektet har utviklet og validert en generell verdinettverksmodell for drift av tilbringertjenester med selvkjørende minibusser. Verdinettverket gir grunnlag for å vurdere hvordan de ulike aktørene kan utvikle produkter og tjenester i verdistrømmene rundt smarte tilbringertjenester. Modellen er anvendt for de fire første norske pilotene med selvkjørende minibusser.

6.1 Smarte tilbringertjenester – roller, aktører og verdistrømmer

Hva er et verdinettverk?

Verdinettverk er definert som et nettverk av relasjoner som skaper økonomisk verdi og andre fordeler gjennom komplekse og dynamiske utvekslinger mellom to eller flere individer, grupper eller organisasjoner. Enhver organisasjon som er engasjert i materielle eller immaterielle utvekslinger, kan sees på som et verdinettverk, enten det er privat næring, myndigheter eller offentlig sektor (Allee, 2005). Verdinettverk må ikke forveksles med forretningsmodeller som er virksomhetens sentrale strategi for lønnsom drift (Investopedia, 2020).

Verdistrømmene mellom de ulike virksomhetene (person, selskap, offentlig myndighet etc.) er det mest sentrale i et verdinettverk. For at verdinettverket skal være bærekraftig, må summen av verdier inn til en virksomhet være større enn verdiene ut fra virksomheten. Først da er det attraktivt for virksomhetene å være en del av verdinettverket, og dette vil igjen føre til et stabilt og levedyktig verdinettverk. Verdinettverkene dekker mer enn bare transaksjoner rundt produkter, tjenester og inntekter, som gjerne er tre viktige faktorer i en forretningsmodell for en virksomhet. Det inkluderer også kunnskap og den immaterielle verdien eller fordelene. Verdiene i et verdinettverk er derfor gruppert i følgende (Allee, 2000):

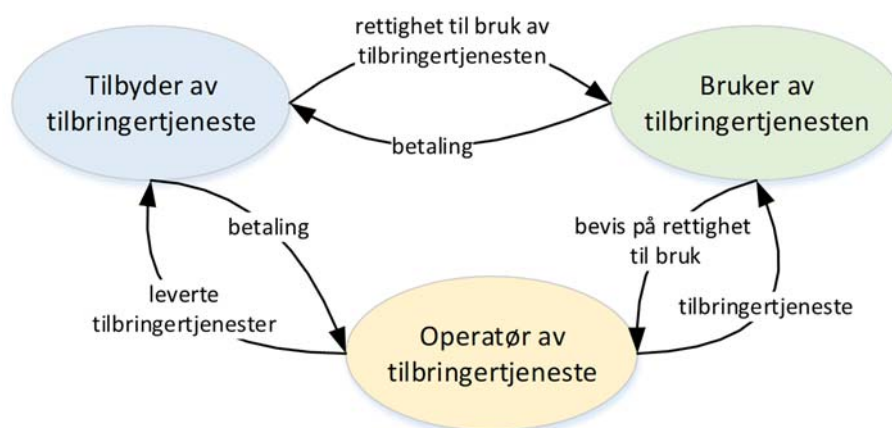
- *Varer, tjenester og inntekter* som dekker utveksling av tjenester eller varer, inkludert alle transaksjoner som involverer kontrakter og fakturaer, ordrekvitteringer, forespørsel om tilbud, bekreftelse eller betaling. Kunnskapsprodukter og tjenester som skaper inntekt inngår i denne flyten.
- *Kunnskap* som dekker utveksling av strategisk informasjon, planlegging av kunnskap, prosesskunnskap, teknisk kunnskap, samarbeidsdesign, policyutvikling etc. som flyter rundt og støtter kjerneproduktet og verdikjeden
- *Immaterielle fordeler* som dekker utveksling av verdi og nytte som går utover den faktiske tjenesten og som ikke er regnskapsført i tradisjonelle økonomiske tiltak, som f.eks. en følelse av fellesskap, kundelojalitet, forbedring av omdømme eller muligheter for co-branding

For noen virksomheter vil verdistrømmer som kunnskap om markedet, tekniske løsninger, gode referanser og positivt omdømme (immaterielle fordeler) kunne veie opp for manglende inntekter i de tilfellene hvor virksomheten har mer langsiktige mål i sine forretningsmodeller. Verdinettverket som ble utviklet i SmartFeeder analyserte kun de konkrete verdiene som varer, tjenester og inntekter (betalinger). Kunnskap og immaterielle verdier er ikke inkludert i analysen av hensyn til praktisk gjennomførbarhet og tilgjengelig informasjon.

Roller og ansvarsområder for smarte tilbringertjenester

For å etablere en smart tilbringertjeneste basert på selvkjørende minibuss, må et sett av roller og ansvarsområder betjenes. De mest åpenbare rollene er knyttet til selve transporttjenesten i form av:

- *Brukeren* av transporttjenesten, dvs. den personen som blir transportert fra A til B med den selvkjørende bussen.
- *Transporttjenesteyteren*, dvs. den virksomheten som tilbyr transporttjenesten til brukeren og som er ansvarlig overfor brukeren mht. kvalitet, tilgjengelighet og regularitet. Brukeren betaler også til transporttjenesteyteren.
- *Operatøren av transporttjenesten*, dvs. den virksomheten som er ansvarlig og utførende av selve driften av de selvkjørende bussene og som får betalt av tjenesteyteren for de transporttjenestene som leveres.



Figur 18: Aktører (roller) og verdistrømmer i tilbringertjenesten

Et fullverdig transporttilbud med selvkjørende minibusser involverer også tjenester knyttet til infrastruktur, ladepunkter og selve transportmidlet. En oversikt over de mest sentrale rollene og ansvarsområdene er gjengitt i Tabell 3. Videre tilkommer også andre støttetjenester knyttet til f.eks. kommunikasjonsløsninger og IT-systemer.

Tabell 3: Oversikt over roller og ansvarsområder for en transporttjeneste med selvkjørende minibuss

Tjeneste	Rolle	Ansvarsområder
Transporttjeneste	<i>Bruker av transporttjeneste</i>	<ul style="list-style-type: none"> Definerer behovet for en transporttjeneste, f.eks. en reise fra hjemmet til et knutepunkt for kollektivtrafikk Inngår en eksplisitt eller implisitt kontrakt med en tjenesteyter, f.eks. kjøper en billett som er gyldig innenfor et tidsrom og definert område Har nytte av transporttjenesten, overvåker og kontrollerer tilbudet og sikrer at tjenesten er levert i tråd med kravene og kontrakten
	<i>Transporttjenesteyter</i>	<ul style="list-style-type: none"> Definerer og markedsfører transporttjenesten som leveres til brukeren Inngår en implisitt eller eksplisitt kontrakt med brukeren av transporttjenesten om levering av transporttjenesten og betaling for den. Inngår kontrakt med operatøren av transporttjenesten.
	<i>Operatør av transporttjeneste</i>	<ul style="list-style-type: none"> Planlegger transporttjenesten med selvkjørende buss i detalj basert på tjenesteyters krav til tjenesten Administrerer og drifter flåten av automatiserte kjøretøyer som brukes til transporttjenesten Utfører transporttjenesten som brukeren har kjøpt av tjenesteyteren Overvåker og kontrollerer at transporttjenesten blir levert i tråd med de definerte kravene og kontrakten
Tjenester relatert til infrastruktur	<i>Forvalter av infrastruktur</i>	<ul style="list-style-type: none"> Planlegger og etablerer infrastruktur og utstyr, f.eks. et veg- eller gatenettverk med skilt, signaler og oppmerking Vedlikeholder infrastrukturen Samler inn, vedlikeholder, behandler og distribuerer informasjon om infrastrukturen
	<i>Operatør av infrastruktur</i>	<ul style="list-style-type: none"> Strategisk og taktisk planlegging av trafikk/transport i infrastrukturen Overvåker og kontrollerer trafikkstrømmer og transportmidler Leverer støttetjenester til transportmidler Tildeler ressurser til transportmidler i tilfeller hvor infrastrukturen har begrenset kapasitet
Ladetjenester	<i>Operatør av ladestasjon</i>	<ul style="list-style-type: none"> Kjøper, leier eller leaser ladestasjoner med tilstrekkelig kapasitet Har ansvaret for den daglige driften av ladestasjonen Støtter operatøren av tilbydertjenesten
	<i>Leverandør av ladestasjon</i>	<ul style="list-style-type: none"> Selger eller leaser ladestasjonen til operatør av ladestasjon Vedlikeholder ladestasjonen
	<i>Nettverks- og energileverandør</i>	<ul style="list-style-type: none"> Leverer nettverk og energi til ladestasjonen
Tjenester relatert til transportmiddel	<i>Leverandør av transportmiddel</i>	<ul style="list-style-type: none"> Selger, leier ut eller leaser ut transportmiddelet og kontroll- og styresystem for det automatiserte transportmiddelet, evt. inkludert flåtestyringssystem
	<i>Leverandør av vedlikehold av transportmiddel</i>	<ul style="list-style-type: none"> Vedlikeholder transportmiddelet og kontroll- og styresystem for det automatiserte transportmiddelet, evt. inkludert et flåtestyringssystem

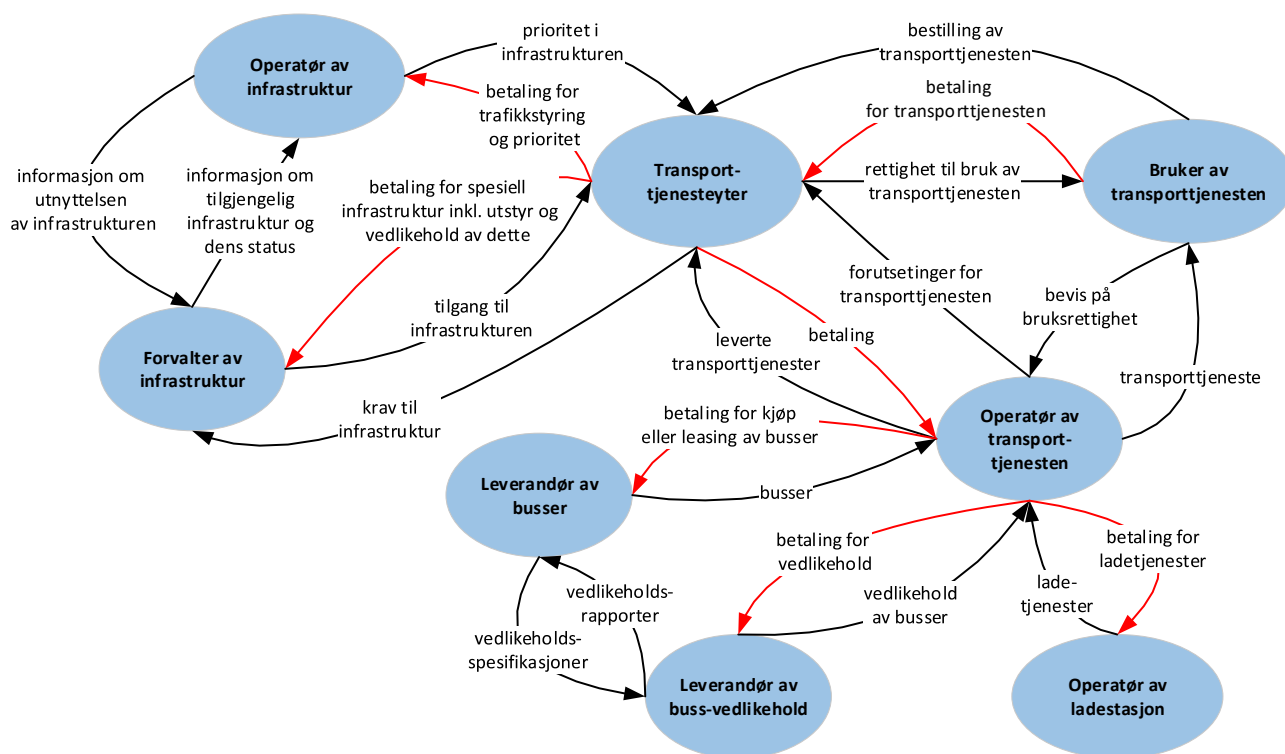
Verdinettverksmodellen ble anvendt for pilotene på Forus, Kongsberg, Fornebu og Gjøvik. Informasjon om hvordan de forskjellige pilotene hadde organisert seg og de viktigste verdistrømmene ble samlet inn fra pilotene ved hjelp av et spørreskjema med 32 spørsmål relatert til de forskjellige tjenestene og hovedstrømmene. Nedenfor presenteres resultatene for de tre viktigste rollene i undersøkelsen (se Tabell 4). En fullstendig beskrivelse av tjenestoområder, roller, ansvarsområder og verdinettverk er presentert i *Foss (2019) A value network for the ITS services supporting the SmartFeeder service, SINTEF*.

Tabell 4: Roller og verdistrømmer i piloteringen av smarte tilbringertjenester

Piloter:	Forus	Kongsberg	Fornebu	Gjøvik
Roller				
<i>Bruker av tilbringertjenesten</i>	Personer som jobbet i nærheten av minibussen	Personer som beveget seg mellom Knutepunktet (kollektivterminal), Krona (campus) og Kongsberg Tekno.park	Beboere i nærheten og besøkende til Storøya strand. Beboere som etterspurte en tilbringertjeneste til busstopp linje 31	Personer som besøkte byen og som ønsket å bruke bussen som en intern bybuss
<i>Tilbyder av tilbringertjenesten</i>	Kolumbus, støttet av Forus PRT	Brakar AS støttet av Applied Autonomy	OBOS støttet av Acando	Gjøvik kommune støttet av Applied Autonomy
<i>Operatør av tilbringertjeneste</i>	Forus PRT	Vy (tidl. Nettbuss)	Nobina Norge AS	Vy (tidl. Nettbuss)
Viktige verdistrømmer				
<i>Rettighet til bruk av tilbringer-tjenesten</i>	Tilbringertjenesten krever ikke noen form for billett e.l. i pilotperioden	Tilbringertjenesten krever ikke noen form for billett e.l. i pilotperioden	Tilbringertjenesten krever ikke noen form for billett e.l. i pilotperioden	Tilbringertjenesten krever ikke noen form for billett e.l. i pilotperioden
<i>Bevis på rettighet til bruk</i>				
<i>Betaling til tilbyder</i>	Tjenesten er gratis i pilotperioden	Tjenesten er gratis i pilotperioden	Tjenesten er gratis i pilotperioden	Tjenesten er gratis i pilotperioden
<i>Betaling til operatør</i>	Kolumbus	Finansiering fra EU-prosjekt, Kongsberg kommune, Statens vegvesen og Buskerud fylke	OBOS	Gjøvik kommune og Miljødirektoratet
<i>Tilbringertjenesten</i>	Persontransport med automatisert og elektrisk minibuss			

Verdinettverk for smarte tilbringertjenester

Et generelt verdinettverk for smarte tilbringertjenester er illustrert i Figur 19. Modellen er noe forenklet i forhold til det fullstendige verdinettverket som ble utviklet i prosjektet, men inkluderer de mest sentrale roller og verdistrømmer for transporttjenester med selvkjørende minibuss.



Figur 19: Verdinettverk med de viktigste roller og verdistrømmer for transporttjeneste med selvkjørende minibusser

6.2 Muligheter for norsk næringsutvikling

Introduksjon av automatiserte transporttjenester gir muligheter for industri- og tjenesteutvikling for norsk næringsliv. Med utgangspunkt i de ulike tjenestene og verdistrømmene i verdinettverksmodellen er det identifisert et utvalg potensielle produkter og tjenester.

Tilbringertjenester: Her finnes muligheter for både offentlig og privat innovasjon. Administrasjonsselskaper, fylkeskommuner, kommuner, boligbyggelag, næringsklynger, store kjøpesenter og store arbeidsplasser er noen aktører som kan utvikle bærekraftige tilbringertjenester. Leverandører av transporttjenester som f.eks. Vy, Veolia, Tide og tilsvarende selskaper er også eksempler på aktører som kan være med på en næringsutvikling knyttet til automatiserte tilbringertjenester.

Tjenester knyttet til transportmiddelet: I SmartFeeder ble det brukt automatiserte elektriske minibusser levert av utenlandske produsenter. Med det kunnskapsnivået som finnes blant norske leverandører på automatisering og sensorteknologi, bør det kunne utvikles automatiserte transportmidler som kan konkurrere med utenlandske leverandører. Kongsbergmiljøet, oljeindustrimiljøet i Rogaland og Vestland fylke, samt teknologimiljøet i Trondheim er eksempler på kunnskapsmiljø som kan trekkes inn i en slik næringsutvikling. Vedlikeholdstjenester er også et mulig produkt, selv om markedet per i dag er meget begrenset. Så langt er

mye av vedlikehold og feilretting utført av de utenlandske leverandørene, men det er både kostbart og lite effektivt å fly inn vedlikeholdspersonell fra andre land i Europa, selv om en del feilretting av programvare kan gjøres on-line. Transportmidlene som er ute i trafikken må overvåkes og dette kan gjerne utføres av norske leverandører som har meget god kompetanse på overvåking av maskiner og utstyr, f.eks. maskiner, verktøy og produksjonsutstyr anvendt i oljeindustrien. I pilotprosjektene gjennomførte de to norske selskapene Applied Autonomy og Forus PRT slike oppgaver.

ITS-tjenester: I Foss (2017) *ITS services supporting the SmartFeeder service*, SINTEF er det beskrevet 16 ITS-tjenester som støtter automatiserte tilbringertjenester. Eksempler på slike tjenester er sanntidsinformasjon til brukere om tilbringertjenesten, multimodal reiseplanlegging, flåtestyring, etterspørselsbasert mobilitet (Mobility on Demand), overvåking og fjernstyring av kjøretøy, elektronisk billettering, eCall og brukerinitierte nødalarmer. Næringsutviklingen her kan være knyttet både til produkter som anvendes i de IKT-systemene som skal levere ITS-tjenestene og levering av selve tjenesten.

Ladetjenester: Hittil er fremdriften av de selvkjørende minibussene basert på elektrisk energi lagret i batterier i minibussen. Dette krever en ladeinfrastruktur som gjerne er tilpasset kjøretøyenes lademuligheter og ladekapasitet. Her bør det være mulighet for å utvikle både norske ladestasjoner, nye former for ladeinfrastruktur og nye ladetjenester. Behovet for hurtiglading er stort for kollektive transportmidler som skal være i kontinuerlig drift over mange timer. Ladestasjoner på endepunkter, solpaneler og energilagring, induktiv lading på holdeplasser, hurtigladingsteknologi og -tjenester bør kunne vurderes som gjenstand for FoU og næringsutvikling.

Kunnskap: Verdistrømmer knyttet til kunnskap er et viktig område for næringsutvikling. Gjennom forskning og utvikling, piloter og demonstratorer og fullskala systemer i drift vil norske kunnskapsleverandører kunne tilegne seg kunnskap og omdømme som kan selges både nasjonalt og internasjonalt.

Norske konkurransefortrinn i et internasjonalt marked

Norge har på flere måter særlige forutsetninger for å lykkes med utvikling og anvendelse av innovative mobilitetstjenester, både fordi vi har et betydelig næringsliv basert på kunnskap og høyteknologi, og fordi vi har en høyt utdannet befolkning som er tidlig ute med å ta i bruk ny teknologi. Norge er også rangert helt i toppsjiktet (nr 3 i verden) med hensyn til å være forberedt på selvkjørende kjøretøy (KPMG, 2019 og 2020), blant annet fordi vi har en stor markedsandel elbiler med tilhørende infrastruktur.

Norge har i dag ingen egen bilindustri og vil derfor være avhengig av å skape allianser og samarbeid med utenlandske bil- og bussprodusenter. Samtidig har norsk industri lange tradisjoner som leverandør av deler og teknologi til bilindustri verden over. Norske forsknings- og industrimiljø er sterke på flere områder som er sentrale i utvikling fremtidige mobilitetssystemer, eksempelvis innenfor sensorteknologi, bruker- og tjenstedesign, optimering, ruteplanlegging og flåtestyring. Oljenæringen i Norge har årelang erfaring innenfor integrerte operasjoner. Dette er kompetanse og teknologi som er verdifullt med tanke på overvåking, styring og drift av systemer med en flåte av automatiserte kjøretøy. Verdensledende kompetanse på utvikling av teknologi for autonome skip og industrimiljøer med lang erfaring knyttet til skipsbygging kan utnyttes også innenfor automatiserte transportløsninger på vei.

Norge kan være en attraktiv testarena for utvikling av nye generasjoner av automatiserte transportmidler. Nordisk klima med utfordrende vær- og føreforhold, samt til dels krevende topografiske forhold stiller høye krav til løsninger og kan bidra til å styre utviklingen i nødvendig retning. Norske aktører har også unik og

omfattende erfaring med drift av kollektivtransport i spredtbygde strøk. Det gir et godt utgangspunkt for å teste og utvikle automatiserte løsninger som ikke har et fokus i teknologi- og markedsutviklingen i dag.

Det er politisk vilje til å satse på kollektivtransport i Norge. Samtidig har vi tradisjoner for utstrakt samarbeid mellom alle ledd i verdikjeden. Dette favner alt fra politisk ledelse og myndighetsaktører via kollektivselskapene, operatører til næringsliv/industri og leverandører. I tillegg kommer lange tradisjoner for samarbeid med akademia og god dialog med kunder og brukere. Det er kultur for å kunne jobbe sammen og utvikle kompetanse og dele erfaringen også mellom aktører som i utgangspunktet konkurrerer. Dette gir et vesentlig fortrinn i utvikling og implementering av nye produkter og tjenester med høy innovasjonsgrad.

6.3 Hvordan legge til rette for innovasjon og verdiskaping?

Dersom kollektive transportløsninger skal være et reelt og attraktivt alternativ til personbilen, må det utvikles tjenester som består av sammenhengende reisekjeder med god fleksibilitet, komfort og kvalitet. Videre må kollektivtilbudet være konkurransedyktig med hensyn til reisetid og kostnad. Offentlig sektor bruker allerede store ressurser på å tilby kollektivtransport og det er vanskelig å oppnå lønnsomhet. Ny teknologi kan bidra til bedre kostnadseffektivitet og forbedre tjenestetilbudet. For å realisere et fremtidsrettet og bærekraftig kollektivsystem kreves imidlertid nye former for samhandling og samarbeid mellom mange aktører innen mobilitetsfeltet. Norske teknologileverandører må finne sin rolle i verdinettverket, og bygge nasjonale og internasjonale allianser for å levere helhetlige løsninger som etterspørres av markedet. Nye økosystemer og samarbeidsmodeller må utvikles, samtidig som man knytter til seg partnere som kan supplere med verdiøkende tjenester. Eksempler på slike tjenester kan være mikromobilitet, bildeling og samkjøring, tilbringertjenester og taxitilbud. Å utvikle slike løsninger vil utfordre lover, reguleringer og konsesjoner.

Det er foreløpig en begrensning at teknologien ikke er tilstrekkelig moden med hensyn til kapasitet, hastighet og fleksibilitet. De selvkjørende minibussene kjører for eksempel i dag på forhåndsdefinerte ruter, uten mulighet til å inngå i et tilbud med bestillingstransport til/fra et tilfeldig sted. Løsningene er kostbare i innkjøp og drift, og så langt også avhengig av en operatør om bord. Dette gjør det vanskelig å bygge en lønnsom forretningsmodell slik teknologien er i dag. En videre stegvis pilotering og introduksjon av selvkjørende kjøretøy bør søke erfaring om hvordan ulike typer selvkjørende kjøretøy kan inngå i løsninger som:

- Erstatte en fast rute som i dag betjenes av konvensjonelle busser med sjåfør (tilsvarer Brakars videreføring av Kongsbergpiloten).
- Erstatte et rutebasert kollektivsystem med bestillingstransport ("on demand") mellom et sett av definerte noder. (Dette ble f.eks. testet i Trondheim høsten 2020, etter prosjektets avslutning).
- Flytter operatøren (som i dag er om bord i kjøretøyet) til et kontrollrom hvor man kan betjene en flåte av kjøretøy som opererer i et kollektivsystem.
- Involverer et stort antall brukere og flere varianter av kjøretøy i full skala piloter (Living Labs), hvor automatiserte løsninger er integrert i helhetlige tjenestekonsept med andre transportmidler.

Det finnes et potensiale for norske teknologileverandører i verdinettverket tilknyttet selvkjørende kjøretøy. Områder hvor vi mener norsk industri og næringsliv har gode forutsetninger for å lykkes inkluderer:

- Videreutvikle dagens leverandørindustri til bilproduksjon, til også å levere komponenter og deler til automatiserte kjøretøy for kollektivtransport. Satse mot nisjeprodukter som krever høykvalitets produksjonsprosesser.
- Utnytte muligheter for sterke forsknings- og industrimiljø innen sensorteknologi

- Systemintegrasjon – bygge konsepter og helhetlige løsninger
- Overvåking, kontroll og styring - Integrerte operasjoner
- Utnytte sterke fagmiljøer innenfor optimering, ruteplanlegging og flåtestyring
- Utnytte generisk teknologi for autonome transportsystemer (fra maritim og andre næringer)
- Være i front med utvikling av tjenester som oppfyller nye krav og reguleringer, f.eks. GDPR og bypakker
- Være rådgiver for internasjonale selskaper og myndigheter med erfaringer fra samarbeidsmodeller og utprøving i Norge

Nasjonale transportpolitiske retningslinjer inkluderer målsettinger om å utvikle og styrke norsk næringsliv og industri sin posisjon som leverandør både i Norge og internasjonalt. For å bygge norsk industri og næringsutvikling knyttet til automatiserte kollektive transportmidler er de avhengige av å skaffe seg erfaringer og referanseprosjekter. Forskningsprosjekter som SmartFeeder bidrar til å bygge systematisk kunnskap og kompetanse, samt bringe sentrale aktører sammen til samarbeid. For å realisere norsk verdiskaping knyttet til automatisering av transportløsninger er det avgjørende at myndighetene legger til rette gjennom lovverk og reguleringer, samt en målrettet bruk av ressurser fra virkemiddelapparatet.

7 Implementering, mulighet for skalering og samfunnsnytte

Piloteringen av selvkjørende kjøretøy i Norge har hatt et tydelig læringsformål, med hensikt å utvikle kunnskap om hvordan selvkjøringsteknologi kan medvirke til en fremtidsrettet og bærekraftig omstilling av transportsystemet. I første omgang har aktørene søkt erfaring med hvorvidt og hvordan teknologien og selvkjørende kjøretøy fungerer på norske veier, i det lokale trafikkbildet og under nordiske veg- og føreforhold. Videre har det vært rettet oppmerksomhet mot hvordan selvkjørende kjøretøy kan inngå i fremtidens kollektivtilbud, og hvilke rammebetingelser som må være til stede for å lykkes med utvikling og innføring av nye mobilitetstjenester. Pilotaktivitetene har ikke gitt grunnlag for beregning av endringer i reisemønster eller umiddelbare miljøeffekter. Dette har heller ikke vært forventet, all den tid utprøvingen har vært begrenset til noen få kjøretøy og strekninger. Potensialet for vesentlig samfunnsnytte ligger i fremtidig storskala implementering av et effektivt og attraktivt kollektivtilbud som kan øke befolkningens mobilitet og samtidig erstatte privatbilreiser.

Med utgangspunkt i erfaringene fra piloteringen, har SmartFeeder-prosjektet studert hvordan selvkjørende kjøretøy kan gi grunnlag for smarte og effektive tilbringertjenester som del av kollektivtilbudet, og dermed medvirke til at de reisende vil gjøre bærekraftige reisevalg. Det er identifisert noen anvendelsesområder for selvkjørende kjøretøy som synes hensiktsmessig på kort og litt lengre sikt, samt begrensninger som må overvinnes for å nå nye markeder og hente ut ønskede samfunnsmessige gevinster i fremtiden. Utfyllende informasjon finnes i *Jernbanedirektoratet (2021) SmartFeeder: Bruk av selvkjørende kjøretøy i kollektivtilbudet*.

7.1 Prosjekterfaringer - suksesskriterier og barrierer

Pilotaktivitetene har vært en pågående prosess med fortløpende justering og forbedring av både kjøretøy, omgivelser og tjenestekonsept. Flere piloter har gjennomgått softwareoppdatering av kjøretøy og forbedring av linjeføring, noen har fått tillatelse til å øke hastighet underveis eller det er gjort vesentlige endringer på drift eller utforming av teststrekningen. Utprøvingen kan dermed ikke vurderes som et statisk tiltak med en gitt eller allmenngyldig effekt. De første pilotene har gått opp løypa og delt viktige erfaringer med de prosjektene som er iverksatt senere, og stadige forbedringer av f.eks. kjøretøy og sensorer, praktisering av lovgrunnlag, og tilpassing av infrastruktur og omgivelser gjør at noen av utfordringene i en tidlig fase ikke er like fremtredende i dag.

Alle pilotene som er studert i SmartFeeder-prosjektet dekker tilbringertjenester til omstigningspunkt mot øvrig kollektivtransport. Utprøvingen har imidlertid rettet seg mot ulike målgrupper og involvert ulike trafikale forhold og tjenester.



Figur 20: Kollektivknutepunkt på Kongsberg. Foto: SINTEF

Tabell 5 viser en oppsummering av sentrale piloterfaringer med hensyn til utvikling av nye tjenestekonsept. Her er det altså lagt vekt på anvendelsen av kjøretøyene, og ikke de tekniske forholdene ved kjøretøyene. Erfaringer knyttet til driftsstabilitet, trafikkikkerhet, brukerkonsept og forretningspotensial er gjort rede for i foregående kapitler.

Tabell 5: Piloterfaringer med hensyn til målgruppe og tjenestekonsept

Pilot	Målgruppe	Prosjekterfaringer med hensyn til tjenestekonsept
<i>Forus</i>	Arbeidsreisende mellom buss, parkeringsplasser og arbeidssted. I hovedsak arbeidsreisende med bussbanen.	<ul style="list-style-type: none"> • Kryssing av sykkelekspressveg • Integrert i komplekst trafikksystem <p><i>Saktegående, men populært fordi det gir beskyttelse for vær og vind. Behov for fartsrestriksjoner ved kryssende sykkelbane. Lav hastighet påvirker fremkommelighet for øvrig trafikk.</i></p>
<i>Fornebu</i>	Fritidsreisende mellom kollektivpunkt, parkering og rekreasjonsområde.	<ul style="list-style-type: none"> • Funksjonalitet for fritidsreisende med bagasje, barnevogner o.l. <p><i>Populært tilbud, men for lav kapasitet ift. etterspørsel. Lav hastighet skapte irritasjon hos øvrige biltrafikanter.</i></p>
<i>Gjøvik</i>	Byintern transport mellom sentrum og studiested.	<ul style="list-style-type: none"> • Bratte bakker og komplekst gatebilde med kantparkering <p><i>Tekniske utfordringer og negativ oppmerksomhet (mediaomtale) knyttet til bortfall av parkeringsplasser påvirket publikums tillit.</i></p>
<i>Kongsberg</i>	Opprinnelig studenter og arbeidsreisende mellom jernbanestasjon, næringspark og studiested. Konseptet er ila. prosjektet vridd mot fritidsreisende i bysentrum midt på dagen.	<ul style="list-style-type: none"> • Del av ordinært rutetilbud, med betaling for voksne • Delvis harmonisert med rutetider for tog • Omfattende testing på norske vinterveger <p><i>Stabil drift under vinterforhold, toleranse for at bussene kjører i gågate, og godt mottatt av publikum. Miljøgevinst i form av at dieselbuss er erstattet av elektriske minibusser. Utfordring: Lav hastighet og liten kapasitet.</i></p>
<i>Oslo</i>	Kortere byintern transport av fritidsreisende og turister til/fra ferge, båt, cruiseskip.	<ul style="list-style-type: none"> • Ny rute integrert i eksisterende kollektivtilbud • Blandet trafikk og stor andel myke trafikanter <p><i>Positiv mottakelse og stor interesse fra publikum. Nærgående myke trafikanter medfører en del tilfeller med brå nedbremsing og dermed nedsatt funksjonalitet og reiseopplevelse. Lav kapasitet ift. etterspørsel.</i></p>

Pilotene har demonstrert at selvkjørende kjøretøy kan fylle en rolle som tilbringertjenester til kollektivtransport, selv om teknologien foreløpig ikke er tilstrekkelig moden til å fylle samfunnets behov for en driftsstabil og effektiv tjeneste. På sikt kan imidlertid automatiserte mobilitetstjenester være et verdiøkende bidrag til et helhetlig kollektivtilbud. For å lykkes med dette må dagens teknologi og tjenestetilbud videreutvikles. Alle pilotene opererer med små kjøretøy (inntil seks passasjerer), i lave hastigheter (12-18 km/t) over kortere avstander. Videre har den enkelte pilot kun hatt et lite antall kjøretøy. I løpet av prosjektperioden har flere av pilotene kunnet øke fremføringshastigheten, men den er fortsatt lav. På de store kollektivknutepunktene er kapasiteten i tilbringertjenestene avgjørende. Dette vil i praksis innebære behov for større kjøretøy i høyere hastighet. Det er foreløpig ikke pilotert hvordan denne type kjøretøy kan innføres i så stor skala at de representerer et reelt alternativ eller tilskudd til dagens kollektivtilbud.

Innføring av selvkjørende kjøretøy i kollektivtransporten er i stor grad motivert av kostnadsbesparelser. Kostnader til kjøp av offentlig transport er økende, og sjåførkostnader utgjør i størrelsesorden 60 % av de totale kostnadene. I tillegg til samfunnsøkonomiske besparelser, vil bortfall av fører også åpne for et mer fleksibelt og skalerbart transporttilbud som følge av frigjøring fra skiftplaner. Dette gjør det enklere å fortløpende tilpasse tilbudet til etterspørselen i nær sanntid, med mulighet for å betjene etterspørselstopper uavhengig av tilgjengelig personell. For den reisende vil et dynamisk skalerbart transporttilbud gi bedre forutsigbarhet og dekning av transportbehovet.

Lovverket åpner for utprøving av selvkjørende kjøretøy uten fører om bord, gitt at betingelser rundt kjøretøy og strekning oppfyller nødvendige sikkerhetskrav. Alle pilotene som er gjennomført i løpet av prosjektperioden har hatt en operatør (bussvert) om bord i kjøretøyet. Pilotene har rapportert at dette har vært nødvendig av to viktige grunner: Operatøren kompenserer til en viss grad for umoden teknologi i samspillet med andre trafikanter, ved å gå over til manuell kjøring i noen situasjoner (f.eks. myk nedbremsing inn mot fotgjengerovergang). I tillegg spiller operatøren en vesentlig rolle i kontakten mot publikum i en tidlig fase. Brukerundersøkelser i forbindelse med utprøving av selvkjørende kjøretøy på Fornebu og i Oslo indikerer imidlertid at behovet for en bussvert avtar etter hvert som folk blir kjent med tjenestene, og at et økende antall passasjerer opplever det som trygt å skulle reise uten bussvert om bord i kjøretøyet (Ruter, 2020).

På kort sikt kan selvkjørende kjøretøy spille en rolle innenfor en avgrenset og tilpasset infrastruktur eller for tjenester som kan utføres ved lavere fart. Dersom bussoperatøren kan dekke andre behov enn selve fremføringen av kjøretøyet, kan det gi mobilitetstjenesten en merverdi utover rene kostnadsbesparelser, eksempelvis i form av reisevert eller miljøarbeider for reisende med spesifikke behov for bistand. Slike tjenester vil kunne medvirke til bedre mobilitet for enkelte befolkningsgrupper. Samfunnseffekter i form av reduserte klimautslipp, økt fremkommelighet og mer effektiv arealbruk vil først kunne realiseres ved storskala implementering av mobilitetstjenester som øker kollektivtransportens attraktivitet i konkurranse mot privatbilen. Dette forutsetter en langsiktig og omfattende omstilling av transportsystemet. Mens man strekker seg mot det langsiktige målet, må man imidlertid sørge for at den fortløpende utviklingen er robust og fleksibel i møte med konkrete erfaringer og utfordringer når nye konsepter prøves ut i dagens transportsystem.

7.2 Aktuelle markedssegmenter og nye mobilitetstjenester

Selvkjørende kjøretøy kan fylle ulike roller i kollektivsystemet, både som tilbringertjenester til et kapasitetssterkt kollektivtilbud og som bestillingstransport og dør-til-dør-løsninger i områder med et mindre markedsgrunnlag. Tabell 6 presenterer eksempler på hvordan selvkjørende kjøretøy kan bidra til å forbedre dagens transporttilbud gjennom å dekke et transportbehov utvalgte markedssegmenter.

Tabell 6: Eksempler på hvordan selvkjørende kjøretøy kan dekke transportbehov i utvalgte markedssegmenter.

Markedssegment	Karakteristika	Behov som kan dekkes av selvkjørende kjøretøy
<i>Arbeidsreiser i by</i>	Store reisestrømmer med god kjennskap til tilgjengelige mobilitetstilbud. Behov for høy frekvens, kapasitet, forutsigbarhet og punktlighet. Kritisk at kollektivsystemet er operativt, effektivt og med god regularitet.	Til/fra holdeplass og knutepunkt. Mellom hovedakser, samt inn til kapasitetssterke ruter.
<i>Arbeidsreiser i distrikt/tettsteder og inn mot by</i>	Store reisestrømmer med god kjennskap til tilgjengelige mobilitetstilbud, og lengre totale reiseavstander. Behov for forutsigbar frekvens, lav ventetid, god punktlighet, tilstrekkelig kapasitet, effektivitet i reisetid og byttepunkt, samt kvaliteter som gir mulighet til alternativ bruk av reisetid.	Til/fra holdeplass og knutepunkt.
<i>Skolereiser for barn, omsorgs- og følgereiser</i>	Faste reiser av mindreårige med liten mulighet til egne beslutninger eller evne til å håndtere endring underveis, og/eller reisende med behov for assistanse/ledsager. Behov for forutsigbarhet og trygghet for at reisen kan gjennomføres iht. den enkeltes behov og med bistand i avvikssituasjoner.	Frigir personressurs til serviceyter eller "miljøarbeider". Dør-til-dør-transport.
<i>Fritidsreiser</i>	Stor variasjon mellom type reisemål, reisefrekvens, avstand og antall reisende, samt behov for tilleggstjenester som bl.a. bagasjeoppbevaring. Ulik etterspørsel som f.eks. for reiser til kultur- og idrettsarrangement eller fritidsboliger.	Mellom kollektivknutepunkt og fritidsområde. Økt mobilitet uten bilavhengighet.
<i>Mobilitet i spredt bebygde områder</i>	Uforutsigbart reisebehov i områder uten godt kollektivtilbud og hvor ulike brukergrupper har særlige mobilitetsbehov. Behov for forutsigbart transporttilbud både ved langsiktig og akutt behov, tilstrekkelig kapasitet, forutsigbar reisetid og transport dør-til-dør. Avgjørende at tilbudet varer over tid.	Forutsigbar bestillingstransport. Til/fra holdeplass og knutepunkt.
<i>Lukkede områder som flyplass, sykehus og campus</i>	Reiser som ofte faller utenfor myndighetenes kollektivansvar. Korte reiser innenfor et avgrenset område, med mulighet for dedikerte kjørebane og god kontroll på omgivelsene.	Dør-til-dør-transport.

Et velfungerende kollektivsystem forutsetter et stamnett av effektive og attraktive kollektivtjenester, med kapasitet til å frakte en stor gruppe reisende. Introduksjonen av selvkjørende kjøretøy i transportsystemet bør i prinsippet skje på en måte som utfyller og styrker det kapasitetssterke kollektivtilbudet. Figur 21 skisserer tre ulike modeller for hvordan selvkjørende kjøretøy kan inngå som smarte tilbringertjenester i et helhetlig og kollektivt mobilitetstilbud.

A) Mating til kollektivknutepunkt

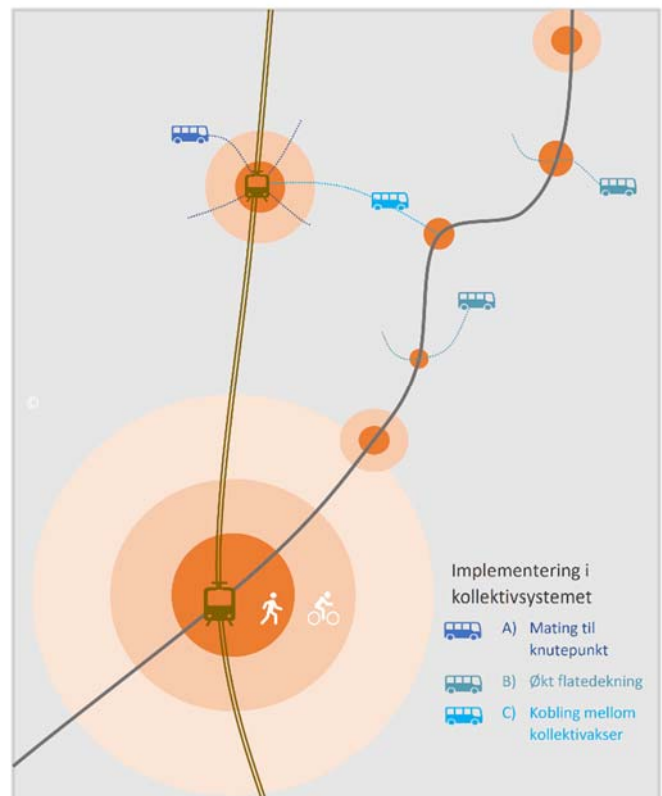
Smarte tilbringertjenester for reiser til sentrale kollektivknutepunkt med overgang til et kapasitetssterkt kollektivtilbud for videre reise. Her kan det hentes erfaringer fra piloten i Kongsberg.

A) Økt flatedekning med betjening av større områder

I byområder med spredt bosettingsmønster eller lengre avstand mellom holdeplasser kan smarte tilbringertjenester øke kollektivtilbudets flatedekning ved å bringe reisende inn til et effektivt kollektivstamnett. For viktige reisemål lokalisert utenfor bysentrum, f.eks. sykehusområder, næringsparker, undervisningsfunksjoner, kan smarte tilbringertjenester bidra til bedre internttransport og mindre behov for spredt parkering. Dette kan også gi bedre mulighet for kostnadseffektive kollektivruter til/fra området. Pilotene på Forus og Fornebu er gode eksempler på testing av slik funksjonalitet.

B) Kobling mellom kollektivakser

I byområder med flere kollektivtilbud, kan smarte tilbringertjenester fungere som en kobling mellom ekspressruter og ruter som har lengre fremføringstid, men større flatedekning.



Figur 21 : Implementering av selvkjørende kjøretøy i kollektivsystemet. Kilde: Jernbanedirektoratet.

En god og stabil tilbringertjeneste basert på selvkjørende kjøretøy vil utgjøre en forbedring av tjenestetilbudet og dermed øke kollektivsystemets attraktivitet og befolkningens mobilitet. De fleste reisende kan betjenes gjennom hentepunkter som ligger nærmere enn de ordinære holdeplassene i kollektivsystemet, mens enkelte markedssegmenter kan ha behov for og ønske om dør-til-dør-tjenester.

Nye konsepter for dør-til-dør-tjenester

Erfaringer fra pilotene gir grunnlag for å vurdere bruk av selvkjørende kjøretøy i dør-til-dør mobilitetstjenester som kan dekke individuelle eller kollektive reisebehov i spesifikke markedssegmenter. Eksempler på slike anvendelsesområder kan være:

- Personlige mobilitetstjenester for reisende med funksjonsutfordringer og helsereiser preget av behov for særlig tilrettelegging, og som i noen grad oppstår på andre tidspunkt enn de store reisestrømmene.
- Fritidsreiser mellom kollektivknutepunkt og hotell, hyttegrender eller populære utfartsområder (f.eks. skiheis, turisthytter og utfartsterreng). Dette kan være personlige tjenester basert på individuelle reisebehov, f.eks. voksne eller familier med bagasje eller sportsutstyr, eller kollektive tjenester på spesifikke strekninger med høyere etterspørsel.
- Kollektive mobilitetstjenester for grupper med felles reisebehov, eksempelvis turister mellom cruiseskip og turistattraksjoner, gruppereiser for eldre, felles løsninger for barns reiser til fritidsaktiviteter uten ledsager, eller shuttle-tjenester knyttet til park&ride.

7.3 Anbefalinger og behov for videre forskning og pilotering

For å ta steget videre mot et bærekraftig og fremtidsrettet transportsystem, trenger vi kunnskap som sikrer at vi utvikler og tar i bruk teknologi på en måte som bidrar til effektive, miljøvennlige og trygge mobilitetsløsninger. Framtidsscenarier for transportutviklingen i hovedstadsområdet gjennomført i regi av Ruter (COWI, 2019) peker på at nøkkelen til et effektivt transportsystem med selvkjørende kjøretøy er delingstjenester i kombinasjon med et høykapasitets kollektivtilbud. Tilsvarende fremtidsbilder er også utredet for kollektivtilbudet i Kongsberg (Multiconsult, 2018). Hittil har utprøvingen av selvkjørende kjøretøy demonstrert hvordan slike kjøretøy kan fungere under norske veg- og trafikkforhold og hvordan slike mobilitetstjenester kan oppnå tillit og aksept i møte med trafikantene. Utvikling av et attraktivt kollektivtilbud forutsetter en helhetlig tilnærming med et brukertilpasset tjenestekonsept. Det er fortsatt begrenset kunnskap om hvordan automatiserte mobilitetstjenester kan fungere i samspill med det øvrige kollektivtilbudet. Det er for eksempel ikke studert hvordan fleksible bestillingstjenester i kombinasjon med rutegående kollektivtrafikk vil påvirke kollektivtransportens attraktivitet og kapasitetsbehov, eller hvilke effekter dette kan få for by- og arealplanlegging på sikt. Dette er forhold som utgjør en viktig del av beslutningsgrunnlaget for innføring av selvkjørende kjøretøy i transportsystemet.

Det er offentlig sektors rolle å sørge for at teknologien anvendes der den kan bidra til å styrke kollektivtilbudet. Kollektivselskapene og myndigheter med ansvar for kollektivtilbudet, har ikke primært fokus på teknologiutvikling og pilotering. I et offentlig perspektiv, handler utprøvingen av selvkjørende kjøretøy først og fremst om å kunne tilby bedre mobilitetstjenester for innbyggerne, og samtidig realisere kostnadsbesparelser i offentlig sektor. Gjennom bruk av nye anbudsformer og innovative anskaffelser kan man imidlertid bidra til å styre teknologi- og næringsutviklingen i ønsket retning. Dette legger grunnlaget for økt samarbeid mellom offentlig og privat sektor, og vil kunne realisere gevinster i form av et mer helhetlig og samlet mobilitetstilbud for befolkningen.

For at selvkjørende kjøretøy skal bidra til å øke attraktiviteten til det eksisterende kollektivtilbudet, må tjenestene finne sin rolle i transportsystemet og kunne møte de reisendes behov. Det er behov for videre teknologiutvikling og pilotering av kjøretøy i høyere hastighet og med større kapasitet, for å kunne oppskalere til lengre avstander, flere brukergrupper og et bredere tjenestetilbud. Videre er det behov for å prøve ut ulike tjenestekonsepser og integrasjon mellom kollektivtilbud i operativ modus, for eksempel med tilrettelegging for effektiv ruteplanlegging og kartlegging av forutsetninger som ladeinfrastruktur og arealbehov i tilknytning til kollektivknutepunkt og holdeplasser. Det vil være nødvendig å ta mange små skritt på veien mot et tilstrekkelig kunnskapsgrunnlag for å vurdere realisering av et fremtidsrettet og bærekraftig kollektivtilbud basert på selvkjørende kjøretøy. Erfaring bidrar til kontinuerlige forbedringer, og selv små utviklingskritt gir verdifull kunnskap.

8 Hva har vi lært? Konklusjoner og anbefalinger

Fagfeltet er i rask fremvekst og har tatt mange steg siden prosjektet ble etablert høsten 2016. På det tidspunktet visste man ikke sikkert om det ville la seg gjennomføre å pilotere selvkjørende kjøretøy i blandet trafikk på offentlig veg, om teknologien kunne håndtere det norske høst- og vinterværet, eller hvordan tjenesten ville fungere i samspill med passasjerer og andre trafikanter. Siden den gang har man både fått hjemlet utprøving av selvkjørende kjøretøy i det norske lovverket og fått realisert flere piloter med selvkjørende minibusser. Piloteringen har vært nyttig og bidratt til å sette Norge på kartet i det internasjonale fagmiljøet. De to siste årene er Norge rangert på 3. plass i verdenssammenheng med hensyn til å være forberedt for utrulling av selvkjørende kjøretøy (KPMG, 2019; 2020).

Nedenfor gis en sammenfatning av et utvalg sentrale læringspunkter fra den første utprøvingen og introduksjonen av selvkjørende minibusser i Norge.

- **Samfunnsnyttien av selvkjørende kjøretøy ligger i fremtidig storskala implementering av et effektivt og attraktivt kollektivtilbud som erstatter privatbilreiser.**

Selvkjørende kjøretøy forventes å gi økt sikkerhet, bedre mobilitet, samt vesentlige kostnadsreduksjoner i kollektivtransporten. Det største gevinstpotensialet ligger imidlertid i utviklingen av kollektive mobilitetsløsninger som kan medvirke til en klimavennlig omstilling av transportsystemet. Pilotene har vært en læringsarena for utvikling av morgendagens løsninger, og gitt innsikt i hvordan selvkjørende kjøretøy kan inngå i nye tjenestekonsepser som styrker dagens kollektivtilbud. Det er identifisert noen anvendelsesområder som synes hensiktsmessig på kort og litt lengre sikt, samt begrensninger som må overvinnes for å hente ut ønskede samfunnsmessige gevinster i fremtiden. Utprøvingen har så langt ikke hatt et omfang som gir grunnlag for å måle effekter på reisemiddelvalg eller transportmønster. Vurderinger av fremtidige samfunnseffekter må ta høyde for at både teknologi, tjeneste og kontekst er i kontinuerlig utvikling.

- **Myndighetene må ta ansvar for å styre utviklingen og innføringen av selvkjørende kjøretøy i en retning som bidrar til en bærekraftig omstilling av transportsystemet**

Norge har vært tidlig ute med et lovgrunnlag som åpner for utprøving av selvkjørende kjøretøy på offentlig veg åpen for allmenn ferdsel. Dette har vært viktig for å lære om hvordan automatiserte transporttjenester kan inngå i et fremtidsrettet og bærekraftig transportsystem, som ivaretar transportpolitiske målsettinger om god tilgjengelighet, reduserte klimautslipp og mindre bruk av privatbil. Videre fremover må det etableres en langsiktig plan for hvordan teknologien skal bidra til et ønsket fremtidsbilde, og det er behov for tydelige reguleringer som ivaretar sikkerhet og personvern. Myndighetene og virkemiddelapparatet spiller en viktig rolle som tilrettelegger for teknologiutvikling og innovasjon. Det er offentlig sektor sitt ansvar å investere i infrastruktur og utnytte teknologien der den kan bidra til å styrke det kollektive tjenestetilbudet. Gjennom innovative anskaffelser kan samfunnsnyttige tjenester og systemer utvikles i samarbeid med leverandørmarkedet.

- **Lokal pilotering og utprøving i Norge er nødvendig for at det skal utvikles teknologi og tjenester som fungerer på norske veger, under tøffe klimatiske forhold og i møtet med norske trafikanter.**

Piloterfaringene viser at det er et gap mellom det bildet som blir solgt inn fra kommersielle kjøretøyprodusenter og den funksjonaliteten som avdekkes i virkeligheten. Lokale piloter og praktisk utprøving gir norske transportmyndigheter, kollektivtilbydere og teknologileverandører realistisk kunnskap og unik kompetanse om

hvordan tjenesten fungerer i praksis og under spesifikke norske veg- og klimaforhold. Det er i løpet av prosjektperioden registrert flere tilfeller hvor erfaringer fra de norske pilotene har resultert i konkrete forbedringer av produktet eller software-løsninger fra kjøretøyleverandøren. Således har piloteringen bidratt til å styre teknologi- og tjenesteutviklingen i en retning som gjør at de er tilpasset utfordringer som finnes i det norske transportsystemet. Dette har stor betydning for muligheten til realisering av gevinster i offentlig transportsektor i fremtiden.

- **Selvkjørende kjøretøy befinner seg fortsatt i en tidlig fase av innovasjonsløpet med vesentlige begrensninger i funksjonalitet og teknologisk modenhet.**

Piloteringen av selvkjørende minibusser har avdekket at det fortsatt er vesentlige begrensninger i kjøretøyenes funksjonalitet og teknologiske modenhet, særlig med hensyn til hastighet, kapasitet og fleksibilitet. Man har i løpet av prosjektperioden likevel lyktes med realisering av fem piloter i blandet trafikk og med til dels svært krevende vær- og føreforhold. Dette har gitt norske aktører driftserfaring som er etterspurt internasjonalt og som setter premisser for videre produkt- og tjenesteutvikling. Norske transportmyndigheter og tjenesteleverandører har fått nødvendig innsikt i teknologiens begrensninger og hvilke krav som stilles til digital og fysisk infrastruktur. Dette er verdifull kunnskap for fremtidig implementering av mobilitetstjenester basert på selvkjørende kjøretøy.

- **Internasjonale erfaringer tyder på at automatisering av vegtrafikken vil gi bedre trafiksikkerhet, til tross for at det kan oppstå nye typer ulykker i samspillet med andre trafikanter.**

Utprøvingen med selvkjørende minibusser på norske veger har ikke resultert i personskadeulykker eller alvorlige hendelser. Selv om piloteringen har foregått i komplekse trafikkmiljø, er testingen godt regulert og foregår i lave hastigheter. Internasjonal forskning på selvkjørende kjøretøy indikerer at høy grad av automatisering (SAE nivå 4-5) vil gi økt trafiksikkerhet, selv om det kan forventes utfordringer i samspillet med andre trafikanter (f.eks. påkjøring bakfra på grunn av misforståelser og utålmodighet). Videre teknologiutvikling innen sensorikk, algoritmer, AI og deep learning blir viktig for å kunne tillate høyere hastighet og oppnå smidigere kjøreatferd i fremtiden.

- **Pilotaktivitetene gir befolkningen viktig innsikt i teknologiens muligheter og begrensninger, og starter en modningsprosess som forbereder trafikantene til fremtidens nye mobilitetstjenester.**

Utvikling av nye og innovative mobilitetstjenester må skje i samspill med befolkningen. Dette er nødvendig både for å sikre løsninger som ivaretar trafikantenes behov og for å øke forståelsen hos fremtidige kollektivkunder og i samspillet med andre trafikantgrupper. Utprøvingen av selvkjørende minibusser har møtt stor interesse fra publikum og media. Passasjerer er i all hovedsak fornøyde og føler seg trygge, og brukeraksepten øker når trafikantene får egen erfaring med tjenesten. Piloterfaringene gir dermed grunn til å anta at automatiserte transporttjenester som er nyttige og forenkler folks reisehverdag vil bli tatt i bruk. Videre fremover blir det viktig å skreddersy løsninger som dekker et reelt transportbehov og med en tjenestekvalitet som ivaretar trafikantenes krav med hensyn til reisetid og driftsstabilitet.

- **Norge kan ta en posisjon hvor vi skaper arbeidsplasser og eksporterer kunnskap, løsninger og forretningsmodeller knyttet til selvkjøringsteknologi og automatiserte transporttjenester.**

Forskning og pilotering som støtter næringslivets satsing mot automatiserte transportløsninger gir grunnlag for fremtidig verdiskaping i både offentlig og privat sektor. Det er utviklet et verdinettverk for smarte tilbringertjenester med selvkjørende minibuss, som viser muligheter for norsk næringsliv i et internasjonalt marked. Kollektivselskaper og tjenestetilbydere etterspør helhetlige løsninger. Det betyr at små norske aktører

må inngå allianser for å være leveringsdyktig. Økt samarbeid mellom offentlige og private aktører kan bidra til å bygge opp et konkurransedyktig næringsliv, gi nødvendige referanseprosjekter og bidra til å utvikle velfungerende klyngesamarbeid.

- **Videre pilotering av selvkjørende kjøretøy bør i større grad skifte fokus fra teknologisk ytelse til hvordan nye tjenestekonsept kan dekke brukernes transportbehov**

Den tidlige utprøvingen av selvkjørende kjøretøy har gitt nyttig kunnskap om hvordan slike kjøretøy kan fungere i det norske trafikksystemet og oppnå tillit hos passasjerer og øvrige trafikanter. I neste fase må tjenesteleverandørene søke mer kunnskap om hvordan selvkjørende kjøretøy og nye tjenestekonsepter kan inngå i et helhetlig kollektivtilbud som medvirker til at de reisende faktisk vil gjøre bærekraftige reisevalg. Dette forutsetter at utviklingen skjer i nært samspill med brukerne og det øvrige kollektivtilbudet, med fullverdige og attraktive tjenestetilbud som dekker reelle transportbehov i befolkningen.

Referanser

- Acando (2018) Pilotprosjekt selvkjørende elbuss sommeren 2018 på Fornebu. Sluttrapport til Vegdirektoratet.
- Acando (2017) Utprøving av selvkjørende kjøretøy på vei - Innspill til utkast til ny lov. Høringssvar.
- Allee, V., (2000), Reconfiguring the Value Network, *Journal of Business Strategy*, Vol. 21, N4, July-Aug 2000
- Allee, V. (2005) Understanding value networks. A brief article by Verna Allee
- COWI (2019) The Oslo Study – How autonomous cars may change transport in cities. COWI & PTV Group.
- Dixit V.V. Chand S. & Nair D. J. 2016. Autonomous Vehicles: Disengagements, Accidents and Reaction Times. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168054> J PLOS ONE, Edited by Jun Xu, vol. 11, issue 12, Beihang University, CHINA
- Fagnant D.J., and Knockelman, K. (2015). Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations *Transportation*. Volume 77, July 2015, Pages 167-181
- Foss, T. (2017) ITS services supporting the SmartFeeder service, Notat, SINTEF
- Foss, T. (2019) A value network for the ITS services supporting the SmartFeeder service, Notat, SINTEF
- Foss, T. (2019) Evaluation of the application process in SmartFeeder, Notat, SINTEF
- Gjøvik kommune (2019) Pilotprosjekt med førerløs og elektrisk buss, Gjøvik kommune, Klimasats.
- Investopedia (2020) <https://www.investopedia.com/terms/b/businessmodel.asp>
- Jensen, G. J. og Moen, T. (2020) Trafikksikkerhet for automatiserte kjøretøy. SmartFeeder: Erfaringer fra norske piloter med selvkjørende minibusser, SINTEF 2020:00985.
- Jernbanedirektoratet (2021) SmartFeeder: Bruk av selvkjørende kjøretøy i kollektivtilbudet.
- KANTAR (2019) Rapport om selvkjørende busser i Kongsberg sentrum. 19.07.2019, Brakar.
- Kolumbus, Forus PRT, Forus Næringspark (2018) Foruspiloten. Testing av autonomt kjøretøy. Stavanger.
- Kolumbus (2017) Utprøving av selvkjørende kjøretøy på vei - Innspill til utkast til ny lov. Høringssvar.
- KPMG (2019) 2019 Autonomous Vehicles Readiness Index. Assessing countries' preparedness for autonomous vehicles. KPMG International.
- KPMG (2020), Autonomous Vehicles Readiness Index. Assessing countries' preparedness for autonomous vehicles. Assessing the preparedness of 30 countries and jurisdictions in the race for autonomous vehicles. KPMG International.
- Lillestøl, P.J., Lervåg, L. E. og Foss, T. (2020) SmartFeeder – Verdiskaping for norsk næringsliv, Notat, SINTEF
- Moyer, J.D., Eshbaugh, M. & Rettig, J. (2017). Cost analysis of global road traffic death prevention: Forecasts to 2050. *Development Policy Review*, 35(6), 745-757, doi: <https://doi.org/10.1111/dpr.12263>
- Multiconsult (2018) Autonom mobilitet i Kongsberg – nye muligheter for et mer effektiv kollektivtilbud. A15200034-TVF-RAP-02
- Nordhoff, S., Kyriakidis, M., van Arem, B., Happee, R. (2019). A multi-level model on automated vehicle acceptance (MAVA): a review-based study. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*
- Roche-Cerasi, I. (2019) Public acceptance of driverless shuttles in Norway, *Transportation Research Part F*.
- Ruter og Oslo kommune (2020) Læringsrapport ifm sluttrapportering for utslippsfri autonom kollektivtrafikk. Klimasats 2017: Vedlegg 1.
- Ruter (2017) Utprøving av selvkjørende kjøretøy på vei - Innspill til utkast til ny lov. Høringssvar.
- SAE International (2018). Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles (SAEJ3016-201806): On-Road Automated Driving (ORAD) Committee.
- Schade, J., & Schlag, B. (2003). Acceptability of urban transport pricing strategies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 6(1), 45-61.
- Stam, D., Alessandrini, A., & Marco, S. (2010). CityMobil Towards advanced transport for the urban environment. Field trial B ex ante evaluation report.
- SINTEF (2017) Utprøving av selvkjørende kjøretøy på vei - Innspill til utkast til ny lov. Høringssvar.
- Statens vegvesen (2020) Første internasjonale regelverk for automatiserte kjøretøy på plass. Nyhetsmelding 09.09.2020.
- Statens vegvesen (2017) Utprøving av selvkjørende kjøretøy på vei - Innspill til utkast til ny lov. Høringssvar.
- Stortinget (2017) Lov om utprøving av selvkjørende kjøretøy, 2017-12-15-112.
- Stortinget (2017) Prop. 152L (2016-2017) Lov om utprøving av selvkjørende kjøretøy. Forslag til lovvedtak., (s2017b).
- Teoh, E. R., & Kidd, D. G. (2017). Rage against the machine? Google's self-driving cars versus human drivers. *Journal of Safety Research*, 63, 57-60
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B. & Davis, F. D. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly* 27: 425-478.
- Venkatesh, V., Thong, J. Y. L., Xu, X. (2012). Consumer Acceptance and Use of Information Technology: Extending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology. *MIS Quarterly* 36: 157-178.
- Venkatesh, V., Thong, J. Y. L., Xu, X. (2016). Unified Theory of Acceptance and Use of Technology: A Synthesis and the Road Ahead. *Journal of the Association for Information Systems* 17(5), 328-376.
- Victor, Rothoff, Coelingh, Ödblom, Burgdorf (2017). When autonomous vehicles are introduced on a larger scale in the road transport system: The Drive Me project. Springer, *Automated Driving* pp 541-546



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no